

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA**



**Movimentação de Terra em Obras Rodoviárias:
Um Estudo de Caso de Trechos do Proprocesso-MG, observados os
Aspectos da Engenharia Sanitária**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização – *lato sensu* – em Engenharia Sanitária e Tecnologia Ambiental do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA da Escola de Engenharia da UFMG.

Área de Concentração: Engenharia Sanitária.

Professor Orientador: Raphael Tobias de Vasconcelos Barros.

Belo Horizonte
Novembro/2010

RESUMO

Concluído o projeto geométrico de uma estrada, torna-se necessário calcular os volumes de terra que serão escavados nos cortes, bem como os volumes que serão depositados nos aterros, constituindo, portanto, a terraplenagem, que é o conjunto de operações destinadas ao corte, carregamento, transporte, descarregamento, acabamento de superfície, umedecimento e compactação de materiais em uma obra rodoviária, objetivando adequar o terreno natural às especificações de projeto. Inicialmente, calculam-se as áreas das seções transversais passando-se em seguida ao cálculo dos volumes. Ocorre, portanto, uma movimentação de terra na qual os volumes gerados (escavação e aterro) são totalmente utilizados de forma a elaborar-se um projeto com o menor custo. Embora considerando que o custo da terraplenagem é obtido computando-se apenas os volumes escavados, mesmo assim faz-se necessário o cálculo dos volumes de aterros a fim de ser estudada a compensação entre os cortes e os aterros. O projeto de terraplenagem consiste numa das principais etapas de um projeto rodoviário e, durante a execução das obras é considerada a fase que causa maiores impactos ambientais nos meios físico e biótico. Devido à sua importância ambiental, econômica e nos aspectos da construção civil na atividade de infraestrutura rodoviária, este trabalho analisa a movimentação de terra em trechos rodoviários, com dados reais e apresentação de comparativos para verificação e análise das diversas etapas que compreendem a terraplenagem (execução de cortes, empréstimos, remoção de material rochoso, bota-foras, etc.). Neste projeto, serão apresentados diversos dados sobre a questão da movimentação de terra que abrangem a escavação, retirada, transporte, utilização e descarte dos materiais (solo e material britado) provenientes das caixas de empréstimo e jazidas para a implantação de uma rodovia.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Resumo da distribuição dos materiais.....	10
Figura 2 - Equipamentos usados na limpeza: tratores de esteira (bull-dozer).....	16
Figura 3 – Trator de esteira	17
Figura 4 – Caminhão basculante	17
Figura 5 – Equipamento para corte e transporte (motoscraper)	17
Figura 6 - Equipamento para espalhamento e nivelamento (motoniveladora).....	18
Figura 7 – Limpeza do Terreno	19
Figura 8 - Remoção de camada vegetal.....	19
Figura 9 - Raízes a serem removidas.....	20
Figura 10 - Raízes a serem removidas.....	20
Figura 11 - Seções transversais da terraplenagem: cortes, aterros ou mistas.....	21
Figura 12 - Caixa de empréstimo em exploração.....	22
Figura 13 – Fases do projeto de terraplenagem.....	24
Figura 14 – Bota-fora sem revegetação.....	28
Figura 15 – Estocagem da camada fértil	35
Figura 16 - Vista transversal – área de empréstimo	36
Figura 17 - Vista transversal – aterro	36
Figura 18 - Vista transversal – bota-fora.....	37
Figura 19 - (a) Jazida não explorada; (b) jazida explorada.....	38
Figura 20 – Mapa de situação do trecho Dom Joaquim – Entroncamento MG-010.....	40
Figura 21 - Início do trecho Dom Joaquim – Entr. MG-010.....	41
Figura 22 – Vegetação do trecho Dom Joaquim – Entr. MG-010.....	41
Figura 23 – Transposição de curso d’água – APP.....	41
Figura 24 – Vista geral do trecho Dom Joaquim – Entr. MG-010.....	41
Figura 25 – Travessia de povoado.....	42
Figura 26 - Trecho Dom Joaquim – Entr. MG-010 sem pavimento	42
Figura 27 - Foto panorâmica da estrada	42
Figura 28 - Erosões no talude de corte.....	42
Figura 29 - Escorregamento em talude de corte.....	42
Figura 30 - Retirada de material por terceiros.....	42
Figura 31 – Mapa de situação do trecho São José da Safira–Entr.ºBR-451(Nacip Raydan)..	43
Figura 32 – Escorregamentos e erosões no trecho São José da Safira – Entr.º BR-451 (Nacip Raydan).....	44
Figura 33 – Mapa de situação do trecho Materlândia – Rio Vermelho.....	45
Figura 34 – Foto panorâmica do trecho.....	46
Figura 35 – Retirada de material por terceiros	46
Figura 36 – Jazida em exploração	46
Figura 37 – Erosões no talude de corte	46
Figura 38 – Erosões no bordo da pista	47
Figura 39 – Erosões no talude e bordo da pista.....	47
Figura 40 – Retirada de material por terceiros	47
Figura 41 – Instabilidade no talude de corte	47
Figura 42 – Mapa de situação do trecho Frei Lagonegro – Entr.º MG-117.....	48
Figura 43 – Vista panorâmica do Trecho	49
Figura 44 – Vista panorâmica do trecho	49
Figura 45 – Presença de solo mole no trecho Frei Lagonegro – Entr.º MG-117.....	49
Figura 46 – Solo sendo carreado	53
Figura 47 – Assoreamento de curso d’água	53
Figura 48 – Espessura e camadas para a pavimentação	56
Figura 49 – Compensação transversal de volumes	65

Figura 50 - Compensação longitudinal de volumes	65
Figura 51 – Escavação na plataforma.....	70
Figura 52 – Acabamento de terraplenagem.....	70
Figura 53 – Motoniveladora	70
Figura 54 – Talude de corte em execução	70
Figura 55 – Material de empréstimo estocado	70
Figura 56 – Talude de aterro sem vegetação	70
Figura 58 – Plataforma em fase de compactação	71
Figura 59 – Escavação em corte	71
Figura 60 – Empréstimo de argila	71
Figura 61 – Aspersão de água na pista	71
Figura 62 – Paliçada para contenção de voçoroca.....	71
Figura 63 – Remoção de camada vegetal	72
Figura 64 – Caminho de serviço.....	72
Figura 65 – Remoção de camada vegetal.....	72
Figura 66 – Limpeza do terreno.....	72
Figura 67 – Limpeza do terreno.....	72
Figura 68 – Serviço de Revegetação.....	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Características geotécnicas para acabamento de terraplenagem.....	19
Tabela 02 – Localização do trecho Dom Joaquim – Entroncamento MG-010.....	40
Tabela 03 – Características do trecho Dom Joaquim – Entroncamento MG-010.....	40
Tabela 04 – Resumo dos quantitativos de terraplenagem.....	41
Tabela 05 – Localização do trecho São José da Safira – Entr.º BR-451.....	43
Tabela 06 – Características do trecho São José da Safira – Entr.º BR-451.....	44
Tabela 07 – Resumo dos quantitativos de terraplenagem.....	44
Tabela 08 – Localização do trecho Materlândia – Rio Vermelho.....	44
Tabela 09 – Características do trecho Materlândia – Rio Vermelho.....	45
Tabela 10 – Resumo dos quantitativos de terraplenagem.....	45
Tabela 11 – Localização do trecho Frei Lagonegro – Entr.º MG-117.....	47
Tabela 12 – Características do trecho Frei Lagonegro – Entr.º MG-117.....	48
Tabela 13 – Resumo dos quantitativos de terraplenagem.....	48

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 – Volume de corte por trecho	54
Gráfico 02 – Volume de empréstimo por trecho	55
Gráfico 03 – Volume de substituição do material do subleito nos trechos considerados.....	56
Gráfico 04 – Volume de remoção do material rochoso do subleito nos trechos	57
Gráfico 05 – Volume de bota-fora.....	58
Gráfico 06 – Volume de aterro por trecho.....	58
Gráfico 07 – Volume para acabamento de terraplenagem.....	59
Gráfico 08 – Volume de corte/km nos trechos considerados	60
Gráfico 09 – Volume de empréstimo/km nos trechos considerados	60
Gráfico 10 – Volume de remoção do material rochoso do subleito/km nos trechos	61
Gráfico 11 – Volume de substituição do material do subleito/km nos trechos considerados .	62
Gráfico 12 – Volume de bota-fora/km nos trechos considerados.....	62
Gráfico 13 – Volume de aterro/km nos trechos considerados.....	63
Gráfico 14 – Volume de acabamento de terraplenagem/km nos trechos considerados	63
Gráfico 15 – Relação entre os volumes de corte, empréstimo e aterro nos trechos	64
Gráfico 16 – Comparação entre os volumes de empréstimo/km e volume de substituição do material do subleito/km	65
Gráfico 17 – Relação entre volumes de corte e vol. de bota-fora projetados para cada km....	66

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Instalação do canteiro e desmobilização.....	30
Quadro 2 - Desmatamento e limpeza do terreno.....	31
Quadro 3 - Caminhos de serviços.....	31
Quadro 4 - Terraplenagem, empréstimos e bota-foras.....	32
Quadro 5 - Drenagem, bueiros, corta-rios e pontes.....	33
Quadro 6 - Exploração de jazidas de material de construção.....	33
Quadro 7 - Risco de ocorrência de acidentes.....	34

LISTA DE ABREVIATURAS

APP – Área de Preservação Permanente.

DER – Departamento de Estradas de Rodagem.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes.

DNER-ES – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – Especificação de Serviço.

PROCESSO - Programa de Pavimentação de Ligações e Acessos Rodoviários aos Municípios do Estado de Minas Gerais

SE - Solos expansivos.

SES - Solos expansivos saturados.

TSD - Tratamento superficial duplo.

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO.....	10
2 – OBJETIVOS.....	12
2.1 - Objetivo Geral.....	12
2.2 - Objetivos Específicos.....	12
3 - REVISÃO DE LITERATURA.....	13
3.1 - Infraestrutura rodoviária.....	13
3.2 - Terraplenagem: Conceitos Básicos.....	14
3.3 - Equipamentos empregados na movimentação de terra.....	14
3.4 – Definições.....	15
3.5 - Projeto de Terraplenagem.....	20
3.6 - Proteção ao meio ambiente.....	28
3.7 - Características dos trechos em estudo.....	38
4 – METODOLOGIA.....	50
5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	52
6 – CONCLUSÃO.....	67
7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68
8 – ANEXOS.....	70
8.1 – Relatório Fotográfico.....	70
8.2 - Glossário.....	73

1 – INTRODUÇÃO

A movimentação de terra em obras rodoviárias é determinada pelos diversos serviços componentes da execução da terraplenagem, que consiste no conjunto de operações de escavação, transporte, depósito e compactação de terras, necessárias à realização de uma obra rodoviária.

Basicamente, a terraplenagem é subdividida em duas etapas, nas quais são definidos os volumes de escavação e destino do material (FIG. 01). Na etapa de escavação são determinados os volumes de corte de materiais de 1ª, 2ª e 3ª categorias, empréstimos, substituição do material do subleito e remoção do material rochoso do subleito. O material escavado será posteriormente utilizado para o acabamento da terraplenagem, execução dos aterros e, além disso, o material excedente, constituído por resíduos inertes, será transportado para os botas-foras. Esses resíduos excedentes são representados por solos diversos e materiais rochosos, provenientes das escavações obrigatórias, materiais excedentes dos cortes, de solos moles, de limpeza e/ou resíduos florestais, e de entulho (remoção de demolições) etc., que não apresentam potencial poluidor capaz de contaminar os solos adjacentes, os corpos hídricos superficiais e os aquíferos. O fluxo de resíduos que determinarão a execução dos serviços citados também será estudado no presente estudo.

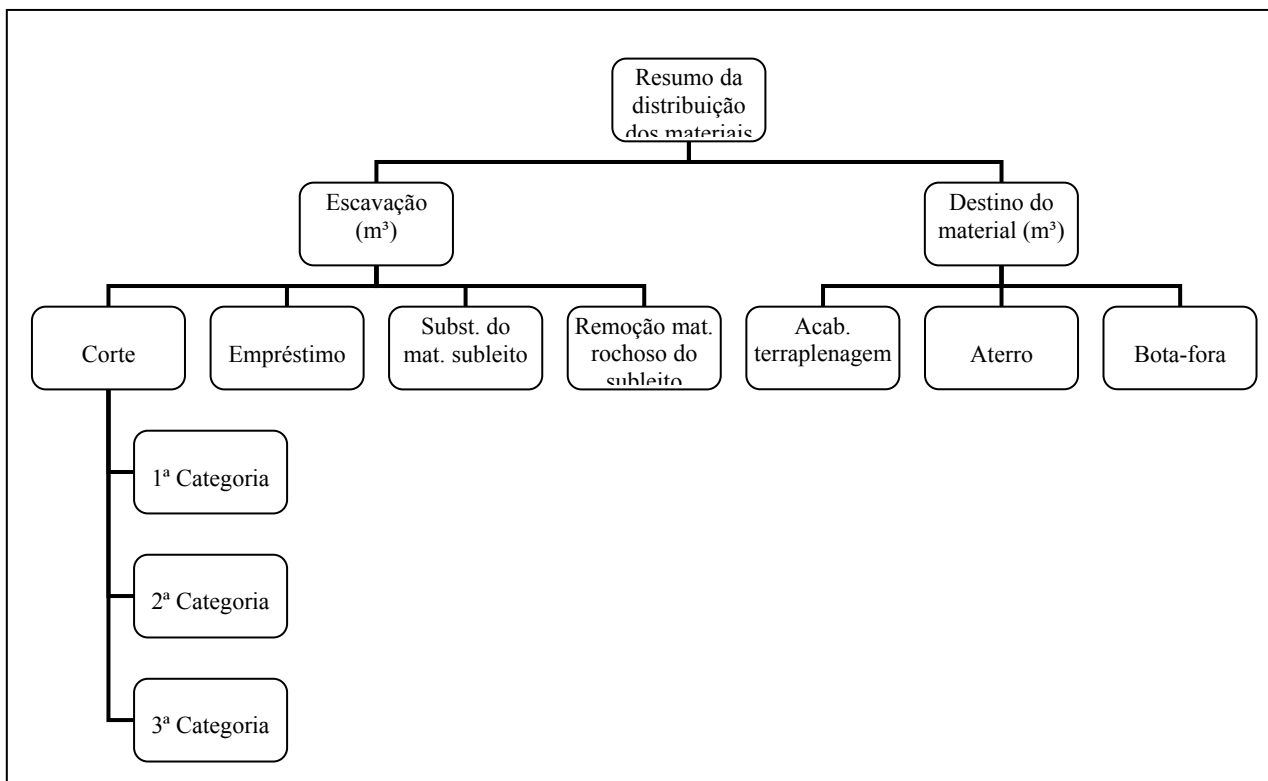


Figura 1 – Resumo da distribuição dos materiais
Fonte: CARDOSO, 2009

Neste trabalho, serão apresentados diversos dados sobre a questão da movimentação de terra que abrangem a escavação, retirada, transporte, utilização e descarte dos materiais (solo e material britado) provenientes das caixas de empréstimo e jazidas para a implantação de uma rodovia.

Será apresentado uma abordagem que envolve a leitura, interpretação e análise do quadro de terraplenagem dos trechos São José da Safira – Entroncamento BR-451 (Nacip Raydan), Frei Lagonegro – Entroncamento MG-117, Dom Joaquim – Entroncamento MG-010 e Materlândia – Rio Vermelho, componentes do Processo - Programa de Pavimentação de Ligações e Acessos Rodoviários aos Municípios, criado pelo Governo do Estado de Minas Gerais.

De acordo com a Secretaria de Estado de Transporte e Obras Públicas – SETOP, o objetivo geral do Programa Processo é contribuir para o desenvolvimento socioeconômico de municípios com baixo IDH e precária conexão com a rede viária principal, através da melhoria e pavimentação da infraestrutura rodoviária de acesso.

2 – OBJETIVOS

2.1 - Objetivo Geral

O objetivo geral do presente estudo consiste em analisar o “Quadro Resumo do Projeto de Terraplenagem” dos trechos São José da Safira – Entroncamento BR-451 (Nacip Raydan), Frei Lagonegro – Entroncamento MG-117, Dom Joaquim – Entroncamento MG-010 e Materlândia – Rio Vermelho componentes do Programa de Pavimentação de Ligações e Acessos Rodoviários aos Municípios (Processo), através da verificação da movimentação de terra e/ou material britado desde o processo de exploração das respectivas ocorrências em jazidas (volume utilizável) e caixas de empréstimos (laterais e concentradas) até a utilização desses materiais nas camadas de base e sub-base, execução de aterros e deposição dos materiais em bota-foras. Pretende-se conhecer o fluxo dos resíduos na etapa de execução da terraplenagem da rodovia, bem como os impactos ambientais provenientes destes serviços, principalmente aqueles relacionados aos resíduos descartados.

2.2 - Objetivos Específicos

- Determinar os valores necessários de corte, empréstimos, substituição do material do subleito, remoção do material rochoso do subleito, bota-fora, aterro, acabamento de terraplenagem e volume utilizável de jazida a ser empregado em cada quilômetro (unidade expressa em m³/km) para a implantação dos 4 (quatro) trechos [São José da Safira – Entroncamento BR-451 (Nacip Raydan), Frei Lagonegro – Entroncamento MG-117, Dom Joaquim – Entroncamento MG-010 e Materlândia – Rio Vermelho].
- Comparar em tabelas e graficamente os resultados obtidos em cada trecho (objeto do estudo) dos volumes de corte/km, empréstimo/km, substituição do material do subleito/km, remoção do material rochoso do subleito/km, bota-Fora/km, aterro/km e acabamento de terraplenagem/km.
- Descrever sobre as principais medidas de proteção ao meio ambiente que devem ser aplicadas nas obras de movimentação de terra.
- Analisar a questão da disposição dos resíduos excedentes (solos moles, de baixa capacidade de suporte, expansivos, rochosos, de difícil trabalhabilidade, etc.), apresentando suas características, composição, locais de descarte e dados de volumes para os trechos objeto do estudo.
- Contribuir para o acervo literário da área de saneamento para que possa ser utilizado como fonte de consulta.

3 - REVISÃO DE LITERATURA

3.1 - Infraestrutura rodoviária

A partir da década de 50, o Brasil, ao contrário de outros países, começou a desenvolver sua infraestrutura viária com ênfase no modo rodoviário. No final da década de 80, os investimentos governamentais foram ainda maiores, ALBANO (2006). De acordo com dados oficiais do DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (2004) as rodovias pavimentadas constituem extensões de: 57.741,3 km federais (62,4% da rede federal); 101.304,7 km estaduais (38,3% da rede estadual) e 22.716,8 km municipais (1,6% da rede municipal), totalizando uma rede pavimentada de 181.762,8 km (10,5% da rede existente). Este total inclui 9.708,59 km de rodovias (federais e estaduais) concedidas a iniciativa privada em sete Estados da União, que operam através da cobrança de pedágio para operações de manutenção e/ou ampliação.

De acordo com as Diretrizes básicas para elaboração de estudos e programas ambientais rodoviários do DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (2006), o empreendimento rodoviário se inclui entre as realizações da maior importância para o desenvolvimento socioeconômico, detendo acentuado poder indutor a tal desenvolvimento e se constituindo no principal elemento ou fator de integração socioeconômica entre localidades.

As estradas introduzem benefícios socioeconômicos, ao proporcionarem o incremento de comunicação e de transporte, constituindo-se em um indicador de desenvolvimento, acesso a mercados, centros urbanos, etc.

Uma das principais etapas constituintes de um projeto rodoviário corresponde à terraplenagem.

De forma genérica, a terraplenagem ou “movimento de terras” pode ser entendida como o conjunto de operações necessárias para remover a terra dos locais em que se encontra em excesso para aqueles em que há falta, tendo em vista um determinado projeto a ser implantado. Assim, a construção de uma estrada de rodagem exige a execução de serviços de terraplenagem prévios, regularizando o terreno natural, em obediência ao projeto que se deseja implantar (PACHECO, 2008).

3.2 - Terraplenagem: Conceitos Básicos

Segundo Prata e Nobre Júnior (2005), uma obra de Engenharia Rodoviária é um sistema composto essencialmente pelos seguintes elementos: (i) materiais a serem utilizados e removidos; (ii) equipamentos utilizados; (iii) equipe técnica responsável pela execução; e (iv) vias destinadas aos deslocamentos de equipamentos e indivíduos.

Os materiais são vitais para a construção de uma rodovia. As características topográficas do terreno e hidrológicas da região, as peculiaridades geotécnicas dos materiais contidos em volumes de corte, aterro e jazidas de empréstimo, a qualidade dos materiais constituintes das vias onde se movimentam os equipamentos, bem como os materiais envolvidos na construção das camadas e do revestimento do pavimento, se este houver, são fatores que influenciam tanto o tempo quanto os custos inerentes à realização de uma obra desta natureza, PRATA E NOBRE JÚNIOR (2005).

Os equipamentos utilizados para execução do projeto, dentre os quais pode-se citar os caminhões, as carregadeiras e os scrapers, são elementos bastante relevantes nos custos unitários de quilômetro construídos de rodovia, assim como no tempo de execução de uma obra dessa magnitude.

Os indivíduos que participam da execução da obra, tais como engenheiros, técnicos, topógrafos e operadores de máquinas, são elos vitais para o desenvolvimento das atividades produtivas no canteiro de obra. É interessante ressaltar que erros em ensaios geotécnicos ou uma operação inadequada de um equipamento por parte de um operário podem acarretar em custos imprevistos pela equipe técnica.

Por fim, as vias por onde ocorrem os fluxos de transportes de insumos e expurgos resultantes da construção de estradas são elementos significativos na execução do projeto.

Obras dotadas de vias de acesso e de movimentação interna adequadas podem reduzir substancialmente o custo operacional dos equipamentos.

3.3 - Equipamentos empregados na movimentação de terra

Conforme Ricardo e Catalani (1990), os equipamentos utilizados para a movimentação de terra podem ser classificados em: (i) Unidades escavotransportadoras; (ii) Unidades escavocarregadoras; e (iii) Unidades de transporte.

As unidades escavotransportadoras são as que escavam, carregam e transportam materiais de consistência média a distâncias médias.

As unidades escavocarregadoras são as que escavam e carregam um outro equipamento, que é a unidade de transporte, de modo que o ciclo completo da terraplenagem, compreendendo as quatro operações básicas supracitadas, é executado por duas máquinas distintas.

O usual é que, para a realização de tais operações, sejam empregadas as seguintes equipes: (i) Escavadeira – caminhão basculante; (ii) “*Pusher-scraper*”; e (iii) Pá-carregadeira – caminhão basculante.

As escavadeiras são equipamentos extremamente robustos, de alta produtividade e elevado custo operacional, destinados às operações de corte e carregamento. Seu emprego é justificável quando a quantidade de material a ser removida for considerável ou quando o tempo requerido para esta remoção for pequeno.

O “*scraper*” é um equipamento capaz de realizar quatro das operações básicas da terraplenagem: escavação, carga, transporte e descarga. Para vencer o atrito oriundo da operação de corte, os scrapers muitas vezes são auxiliados por tratores, denotados “*pushers*”. O trator do tipo “*pusher*” possui uma lâmina especial que o possibilita empurrar o scraper. Uma equipe “*pusher-scraper*” possui uma elevada produtividade, não sendo recomendada para elevadas ou diminutas distâncias de transporte.

Na construção de pequenas rodovias, bem como na movimentação de pequenos volumes de material, a equipe mais usual é a pá-carregadeira – caminhão basculante. As carregadeiras são equipamentos de pequena capacidade, baixo custo de operação e grande agilidade, utilizados no corte e carregamento de material. E, por fim, os caminhões basculantes são unidades de transporte destinadas ao transporte e à descarga de material, sendo imbatíveis para grandes distâncias de transporte.

3.4 – Definições

O serviço de terraplenagem começa com a limpeza do terreno (FIG. 66 e FIG. 67) e o destocamento que consiste na remoção, na área a ser terraplenada, de árvores, arbustos, tocos, galhos, emaranhados de raízes e terra que as envolve, capim e todo material impróprio para a construção de terraplenos. Inclui, portanto, roçada, derrubada de árvores e arbustos,

destocamento, empilhamento, carga, transporte, descarga e espalhamento em locais definidos pelo projeto ou pela fiscalização.



Figura 2 - Equipamentos usados na limpeza: tratores de esteira (bull-dozer)
Fonte: PACHECO, 2008

De acordo com a especificação de serviços rodoviários (Terraplenagem: Cortes) aprovada pelo conselho diretor do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado do Paraná – DER/PR (2008), os cortes a serem executados são segmentos onde a implantação da geometria projetada requer a escavação do material constituinte do terreno (FIG. 51). As operações de corte compreendem a escavação propriamente dita, a carga, o transporte, a descarga e o espalhamento do material no destino final (aterro, bota-fora). São considerados também como cortes os seguintes serviços:

- rebaixamento da plataforma de terraplenagem, nos casos em que o subleito é constituído por materiais julgados inadequados;
- escavação de degraus ou arrasamentos nos alargamentos de aterros existentes;
- escavação de degraus em terrenos de fundação de aterros fortemente inclinados;
- escavações com equipamento convencional de terraplenagem, destinadas à alteração de cursos d'água objetivando eliminar travessias ou posicioná-las de forma mais conveniente em relação ao traçado (corta-rios);
- escavações necessárias à remoção da camada vegetal (FIG. 63), em profundidades superiores a 20 cm.



Figura 3 – Trator de esteira
Fonte: PACHECO, 2008

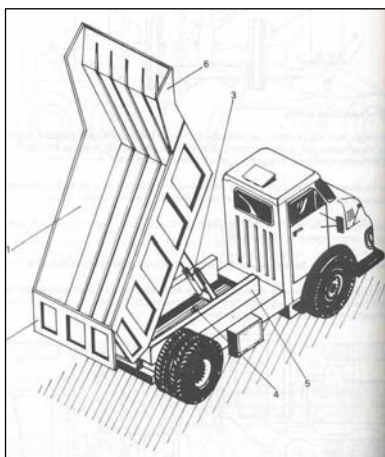


Figura 4 – Caminhão basculante
Fonte: PACHECO, 2008



Figura 5 – Equipamento para corte e transporte (motoscraper)
Fonte: PACHECO, 2008

De acordo com a especificação de terraplenagem do DER/PR, quanto ao projeto, os cortes são definidos em:

- corte de seção plena, quando a implantação corresponder ao encaixe completo da seção da plataforma no terreno natural;
- corte em meia encosta ou seção mista (FIG.11), quando a implantação corresponder ao encaixe apenas parcial da seção do corpo estradal no terreno natural, caso em que a plataforma apresenta parte em aterro.

Segundo a especificação de terraplenagem do DERBA (2008), quanto aos materiais ocorrentes nos cortes são classificados:

- materiais de 1ª categoria: compreendem os solos em geral, de natureza residual ou sedimentar, seixos rolados ou não, e rochas em adiantado estado de decomposição, com fragmentos de diâmetro máximo inferior a 0,15 m, qualquer que seja o teor de umidade apresentado. Compreendem ainda as pedras soltas, rochas fraturadas em blocos maciços de volume inferior a 0,5 m³, rochas de resistência inferior a do granito (rochas brandas). A escavação desses materiais envolve o emprego de equipamentos convencionais de terraplenagem.

- materiais de 2ª categoria: compreendem os materiais cuja extração exija o uso combinado de escarificador pesado e explosivos, incluindo-se os blocos maciços de volume inferior a 2 m³.

- materiais de 3ª categoria: compreendem os materiais com resistência ao desmonte mecânico igual ou superior a do granito são e blocos de rocha com diâmetro superior a 1m, ou de volume igual ou superior a 2 m³, cuja extração e redução, a fim de possibilitar o carregamento, se processem somente com o emprego contínuo de explosivos.

O aterro, por sua vez, é a descarga e espalhamento de material escavado e transportado de acordo com o que dispõem as normas correspondentes, em camadas compactadas com espessuras definidas em projeto, no máximo de 0,30 m. O equipamento utilizado para execução deve permitir o atendimento aos critérios de projeto, obedecendo ao alinhamento, greide e seções transversais definidos.



Figura 6 - Equipamento para espalhamento e nivelamento (motoniveladora)
Fonte: PACHECO, 2008

A substituição do material do subleito é executada nos segmentos onde o subleito na altura do greide de terraplenagem, pelos estudos geotécnicos, não obtiveram os limites mínimos de CBR de projeto e expansão, indica-se a sua remoção na espessura do acabamento de terraplenagem, e substituição por material selecionado e grau de compactação de 100% do proctor internormal.

Áreas de Empréstimo (FIG. 55) são aquelas destinadas a prover ou complementar qualitativa e quantitativamente os materiais necessários à constituição de aterros, ao preparo de fundações, à substituição de materiais do subleito dos cortes ou para melhorar a proteção da terraplenagem contra a erosão. Pode localizar-se dentro ou fora da faixa de domínio. A utilização da caixa de empréstimo será de ordem econômica ou tecnológica de seleção de materiais.

O acabamento da terraplenagem (FIG. 52) é indicado no caso dos últimos 60 cm de coroamento de aterros com solos selecionados, prevendo-se para a execução dessas camadas que o material atenda às características geotécnicas mínimas:

Tabela 01 – Características geotécnicas para acabamento de terraplenagem

SEGMENTO	ISC	EXPANSÃO
em todo o trecho	$\geq 12\%$	$\leq 2\%$

Bota-fora é o material de escavação dos cortes não aproveitados nos aterros, devido à sua má qualidade, ao seu volume, ou à excessiva distância de transporte, e que é depositado fora da plataforma da rodovia, de preferência nos limites da faixa de domínio, quando possível.



Figura 7 – Limpeza do Terreno
Fonte: CARDOSO, 2009



Figura 8 - Remoção de camada vegetal
Fonte: CARDOSO, 2009



Figura 9 - Raízes a serem removidas
Fonte: ENECON, 2007



Figura 10 - Raízes a serem removidas
Fonte: ENECON, 2007

3.5 - Projeto de Terraplenagem

De acordo com ODA (2009), o projeto de uma estrada deve ser escolhido de forma a harmonizar os elementos geométricos da planta e do perfil, fornecendo uma estrada segura, confortável e adequada à região por ela percorrida e, de preferência, com baixo custo de construção. O custo do movimento de terra é significativo em relação ao custo total da estrada, por isso, sempre que possível deve ser feito o equilíbrio (desde que não crie prejuízos às características geométricas do projeto) entre volumes de cortes e aterros, evitando-se empréstimos e/ou bota-foras. A drenagem superficial da estrada é um fator preponderante. Outro fator importante é quanto às distâncias e condições de transportes dos materiais que serão escavados nos cortes e levados para os aterros.

Segundo o Manual de Conservação Rodoviária do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2005), o Projeto de Terraplenagem é parte integrante do Projeto de Engenharia Rodoviária e consiste no conjunto de operações de escavação, carga, transporte, descarga, espalhamento e compactação de solos, aplicados na construção de aterros e cortes, dando à superfície do terreno a forma projetada para construção de rodovias. Para a execução destes serviços há uma considerável movimentação de terra, geradora de grandes impactos ambientais devido à exploração de materiais, supressão de vegetação, geração e descarte de resíduos inertes, etc. Os volumes de terraplenagem são calculados após a elaboração dos projetos de geometria, de pavimentação, dos estudos geológicos e geotécnicos. A movimentação de terra em obras rodoviárias é executada sobre solos em geral, rochas em decomposição, seixos rolados ou não, pedras soltas, rochas fraturadas, matacões, etc.

A escavação é executada com maquinário pesado e em número suficiente para grandes volumes no processo de corte, carga, transporte, espalhamento e compactação dos materiais.

O Projeto de Terraplenagem é desenvolvido de forma a conseguir uma distribuição dos materiais escavados com o menor volume e as menores distâncias de transporte possíveis, visando o menor custo da obra, levando-se em consideração as características geotécnicas desses materiais. Em linhas gerais, o projeto de terraplenagem compreende:

- Cálculo dos volumes de cortes e aterros;
- Classificação dos materiais a serem escavados e a sua quantificação;
- Definição dos locais de substituição do material do subleito;
- Definição dos locais de remoção de solo mole;
- Definição dos segmentos em aterros que necessitam de escalonamento para execução dos mesmos;
- Determinação, com base na operação ideal do equipamento (objetivando minimizar as distâncias de transporte), da distribuição racional dos volumes a serem escavados em cortes e empréstimos, indicando a origem e a destinação, nas camadas dos aterros ou em eventuais bota-foras;
- Definição das distâncias de transporte dos materiais a escavar;
- Definição do grau de compactação a ser exigido nos aterros;
- Cálculo das áreas de desmatamento, destocamento e limpeza.

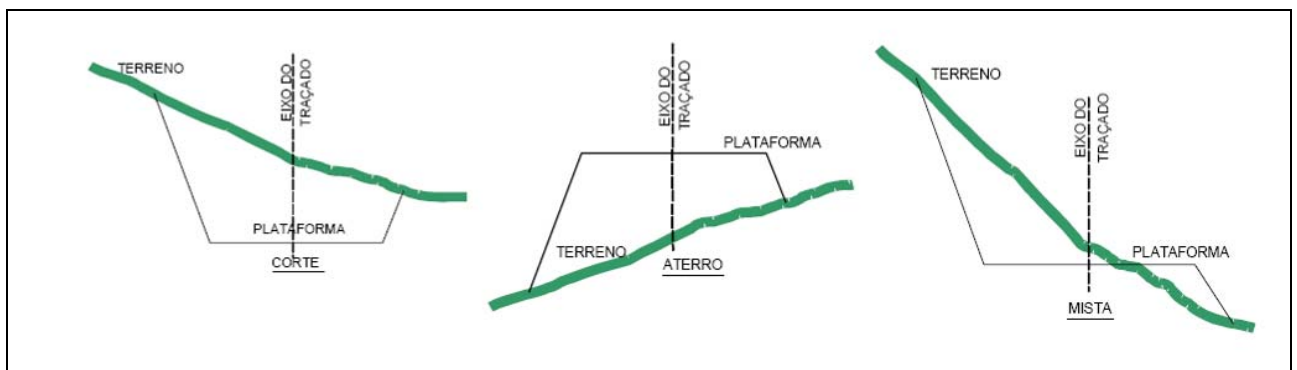


Figura 11 - Seções transversais da terraplenagem: cortes, aterros ou mistas
Fonte: CATALANI, 1990.

Nos quadros de distribuição de terra são apresentados os resultados do balanço da distribuição dos materiais e o destino dos materiais escavados, conforme sua classificação, definindo o plano de execução da terraplenagem.

De acordo com o manual de procedimentos ambientais em empreendimentos rodoviários DER/MG (1999), o projeto de terraplenagem prevê as quantidades (expressas em m³) de escavação, feita em uma faixa do terreno para rebaixá-lo e permitir a transposição de alguma elevação. A terra retirada desses cortes é depositada sobre depressões ao longo do trecho rodoviário (aterros), que são posteriormente compactados e têm os taludes revegetados. O material de aterro pode ser solo, pedregulho ou solo contendo fragmentos de rochas. Os materiais provenientes dos empréstimos também são utilizados para suprir a deficiência ou insuficiência dos materiais destinados aos aterros. Além disso, os empréstimos são escavações para reforçar a sub-base da rodovia. Os materiais que não serão utilizados para aterro e não irão compor as camadas de base e sub-base do pavimento são depositados em locais adequados e compactados, de acordo com as especificações de serviços correspondentes aos bota-foras.



Figura 12 - Caixa de empréstimo em exploração
Fonte: CARDOSO, 2007

O estudo do fluxo dos materiais provenientes das obras de terraplenagem é fundamental, pois a implantação de uma rodovia envolve grande movimentação de terra que compreende as escavações, exploração de materiais nas ocorrências em jazidas de cascalho e pedreiras e o destino dos materiais da terraplenagem. Diante desta premissa este estudo contempla uma análise do fluxo de materiais em 4 (quatro) trechos rodoviários.

A distribuição dos materiais da terraplenagem envolve a integração entre o que é escavado (corte, empréstimos, etc.) e o que é conseqüentemente utilizado para compor os aterros, acabamentos de terraplenagem, etc. Além disso, têm-se aqueles materiais excedentes que serão descartados e irão compor os bota-foras.

3.5.1 - Fases do projeto

De acordo com a Instrução de Serviço do Projeto de terraplenagem do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de Santa Catarina, (1998) o projeto de terraplenagem é elaborado em três fases:

- estudos preliminares;
- projeto básico;
- projeto executivo.

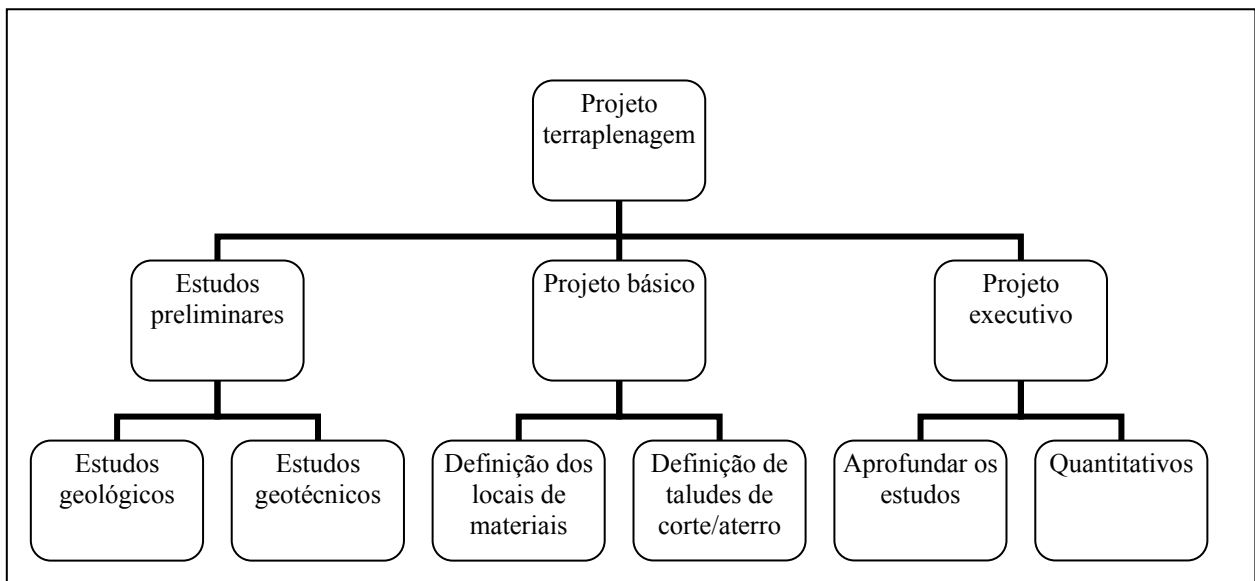


Figura 13 – Fases do projeto de terraplenagem
Fonte: DER-SC, 1998

3.5.1.1 - Estudos Preliminares

Os estudos geológicos e geotécnicos devem definir os diversos tipos de materiais que serão encontrados ao longo da rodovia, assim como as seções transversais típicas a serem adotadas, principalmente em relação às declividades, utilização de bermas e alturas dos taludes de corte e aterro.

Locais potenciais para depósito de materiais excedentes, áreas de empréstimos, jazidas de solos lateríticos, de areia e de cascalhos e pedreiras, devem ser indicados com as respectivas capacidades de volume, além de serem projetados de acordo com instrução específica.

Nesta etapa os volumes de terraplenagem devem ser estimados e separados pelas diversas categorias de materiais, bem como suas distâncias de transporte.

3.5.1.2 - Projeto Básico

Nesta fase, os horizontes dos diversos materiais devem estar caracterizados ao longo do eixo da via como materiais de 1ª, 2ª e 3ª categorias, solos moles, solos inadequados para aterros ou aproveitáveis somente para corpo, isto é, núcleo, de aterros. Os materiais previstos devem ser caracterizados para a finalidade pretendida.

Para cálculo de volume deve-se considerar a espessura da caixa de pavimento; nos locais em corte deve-se adicionar o volume, enquanto que nos locais de aterro deve-se subtrair o volume em relação ao greide projetado.

Os taludes de corte e aterro definidos nos estudos preliminares devem ser reavaliados, em função das sondagens e ensaios realizados pelos estudos geotécnicos nesta etapa.

Deve-se elaborar a movimentação dos volumes de terraplenagem, com as compensações longitudinais. Deve ser prevista a localização dos locais de depósito de materiais excedentes e áreas de empréstimos, se assim for necessário, de forma a atender aos aspectos geológicos, geotécnicos, de drenagem, paisagísticos, de custo e de proteção ao meio ambiente.

Os volumes e os seus respectivos momentos de transportes devem ter grau de precisão suficiente para contratação dos serviços e devem fornecer subsídios para refinamento do projeto executivo de geometria, visto que o projeto de terraplenagem é decorrente do projeto geométrico.

3.5.1.3 - Projeto Executivo

O projeto executivo deve aprofundar os estudos e melhorar o grau de detalhamento estabelecido no projeto básico. Seu objetivo principal é o desenvolvimento do projeto em nível final de engenharia, permitindo a determinação dos quantitativos e do orçamento da obra com maior precisão e a perfeita implantação da obra.

O volume de terraplenagem deve ser calculado considerando os intervalos das áreas das seções transversais no mínimo a cada 20 m, isto é, uma estaca, caso seja utilizado o método dos prismas.

Tal método consiste em calcular o volume como proveniente de uma série de sólidos geométricos, denominados prismóides, limitados nos extremos por faces paralelas e nas laterais por superfícies planas. No campo, as faces paralelas correspondem às seções transversais extremas, e as superfícies planas laterais correspondem à plataforma da estrada, aos taludes e à superfície do terreno natural. Pode-se adotar outro método, desde que apresente precisão semelhante ou maior a este.

3.5.2 - Cálculo de áreas, volumes, classificação e seleção de materiais

Somente após a elaboração dos projetos de geometria, de pavimentação, dos estudos geológicos e geotécnicos deve-se calcular o volume de terraplenagem.

A camada vegetal correspondente à limpeza do terreno não deve ser computada para cálculo de volumes, tampouco a estrutura de pavimento, passeios e edificações existentes. Quando o projeto de pavimento especificar camada de reforço, a escavação para retirada deste material de baixa qualidade deve ser computada no volume de corte, mas a execução da camada de reforço deve ser quantificada e remunerada no item de pavimento. Nos trechos de obras de arte especiais, correntes ou túneis, também se deve desconsiderar as áreas para cálculo de volumes.

De acordo com a Instrução de Projeto de Terraplenagem do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo (2006), os estudos geotécnicos devem classificar os diversos tipos de materiais encontrados nos cortes ou empréstimos e selecioná-los para utilização em aterros. No cálculo de volumes, os materiais de terraplenagem devem ser separados e calculados nas seguintes categorias:

- limpeza de terreno e destocamento;
- 1ª e 2ª categoria;
- 2ª categoria com escarificador;
- 2ª categoria com explosivos;
- 3ª categoria;
- solo mole.

Outras categorias de materiais podem ser encontradas, tais como material utilizável somente para corpo de aterro. Os volumes das compensações laterais devem ser calculados nesta planilha de volumes.

3.5.3 - Seleção de materiais de terraplenagem

Para seleção de materiais de terraplenagem, deve-se avaliar as características mecânicas e físicas através dos ensaios descritos na instrução para serviços geotécnicos.

O material de aterro pode ser solo, pedregulho ou solo contendo fragmentos de rochas. Os parâmetros de projeto são a capacidade de suporte do material e a expansão. Em princípio e salvo outra indicação, devem ser obedecidos os seguintes valores, conforme especificação técnica do item aterros de terraplenagem:

- aterro: no caso do corpo de aterro ser constituído por solos expansivos, SE, ou solos expansivos saturados, SES, os metros finais do aterro da plataforma e do talude devem ser executados por solos de comportamento laterítico e compactado na energia normal do ensaio de compactação, conforme indicação de projeto, de forma a envelopar o corpo de aterro. Caso não se disponha de volume suficiente deste material, os metros finais do aterro devem ser executados com solos que apresentem CBR maior ou igual a 6%, expansão menor do que 2% e os últimos 30 cm executados por solo selecionado de comportamento laterítico compactado na energia intermediária do ensaio de compactação;

- corte: no caso do subleito do pavimento apresentar solos expansivos, SE, ou solos expansivos saturados, SES, deve-se substituir o solo, na espessura mínima de 1,50 m, constituído por solos de comportamento laterítico e compactado na energia normal do ensaio de compactação. Caso não se disponha de volume suficiente deste material, a substituição deverá ser executada por solos que apresentem CBR maior ou igual a 6%, expansão menor do que 1% e os últimos 30 cm executados por solo selecionado de comportamento laterítico compactado na energia intermediária do ensaio de compactação.

3.5.4 - Determinação do fator de contração dos materiais

Os ensaios para determinação da densidade *in situ* ou natural devem ser realizados de acordo com a metodologia preconizada na instrução de projeto referente a serviços geotécnicos.

3.5.5 - Perfil de distribuição de volumes e orientação do movimento de terra

A distribuição teórica do material escavado deve definir a origem e o destino dos materiais envolvidos na terraplenagem, considerando seus volumes, as classificações e as distâncias médias de transporte.

Esta distribuição deve fornecer a solução mais econômica sob o ponto de vista da distância média de transporte e aproveitamento dos materiais dos cortes, considerando o percurso possível dos equipamentos de transporte de terraplenagem. No caso de travessia de rio ou via férrea, por exemplo, deve-se avaliar se é possível realizar a transposição do material através de ponte ou viaduto existente ou se é necessário contornar o obstáculo, aumentando a distância a ser percorrida.

3.5.6 - Materiais de descarte – bota-fora

O presente trabalho também aborda a questão do descarte de materiais de bota-fora, pois além do fator estético e do assoreamento a jusante do local, a rodovia pode ser afetada com a

evolução de erosões e rupturas remontantes no próprio bota-fora. Portanto, para que boa parte dos problemas sejam evitados, principalmente em encostas, algumas providências devem ser tomadas na escolha e no preparo de um bota-fora, tais como implantação de dispositivos de drenagem, compactação dos materiais e revegetação.



Figura 14 – Bota-fora sem revegetação
Fonte: CARDOSO, 2008

O bota-fora na figura acima apresenta-se com ausência de recobrimento vegetal, que é uma medida de proteção ao meio ambiente de suma importância, pois a falta de vegetação deixa o material solto e com possibilidade de carreamento para as áreas a jusante (cursos d'água, vales, etc.).

3.6 - Proteção ao meio ambiente

O Sistema Rodoviário é, no Brasil, o principal meio de transporte de pessoas e de cargas. A construção de novas rodovias ou a melhoria das existentes busca atender à crescente demanda por desenvolvimento econômico e social de uma dada região. Entretanto, este desenvolvimento conduz a inúmeros impactos sobre o meio ambiente, SILVA (2008).

A exploração de materiais de construção (areia, solos, seixo, rocha) tem causado consideráveis perdas ao meio ambiente em consequência da lavra sem planejamento, ausência de recuperação das áreas, o que provoca a instalação de processos erosivos, assoreamento de cursos d'água e perda de solos agricultáveis.

A exploração dessas áreas costuma exigir o desmatamento e remoção do solo orgânico de extensas áreas, tornando-as inaptas a qualquer uso se não forem tomadas medidas visando sua recuperação. Normalmente, o espalhamento da camada vegetal (se reservada à época da

remoção) e/ou plantio de mudas de árvores e arbustos podem reverter o processo de degradação. Deve-se registrar que os solos expostos pela exploração estão sujeitos à incidência direta das águas pluviais, tornando-se altamente suscetíveis à erosão e suas conseqüências. Por sua vez, as escavações para retirada do material criam lagos que, se não drenados, têm as mesmas conseqüências daqueles criados pelas caixas de empréstimo.

As seções transversais das ocorrências de material das escavações para empréstimos e bota-foras devem ser projetadas de modo que o terreno escavado restitua a conformação natural. Também deve-se detalhar suficientemente a localização e dimensões, com cotas de afastamento do eixo, comprimento, largura, profundidade, rampas e taludes, bem como os acabamentos destinados a facilitar a drenagem e evitar erosões.

O projeto deverá conter indicações, em caso de trechos implantados, do tratamento corretivo a ser dado aos bota-foras e caixas de empréstimos existentes.

De acordo com o Manual Rodoviário de Conservação, Monitoramento e Controle Ambientais do DNIT (2005) quando houver excesso de material de cortes e for impossível incorporá-los ao corpo dos aterros, mediante compensação de cortes e aterros, serão indicadas áreas para bota-foras, recomendando-se a devida compactação. Deverão estar localizadas, preferencialmente, em áreas situadas a jusante da rodovia. Para evitar que o escoamento das águas pluviais carregem o material depositado, causando assoreamentos, os taludes dos bota-foras deverão ser projetados com inclinação suficiente para evitar escorregamentos e com proteção de revestimento vegetal, inclusive nos bota-foras com material de 3ª categoria, após conformação final, a fim de incorporá-los à paisagem local.

O material para aterros deve ser obtido, sempre que possível, por meio de alargamento dos cortes; caso não seja possível, procurar empréstimos fora da faixa de domínio. Em qualquer circunstância, ter em mente as conseqüências da localização destas caixas em futuros melhoramentos da rodovia.

Nas situações em que forem utilizados empréstimos laterais (bota-dentro) indicar os cuidados especiais de drenagem das caixas de empréstimos, evitando o acúmulo de águas das chuvas que poderão originar o aparecimento de vetores nocivos.

3.6.1 – A componente Ambiental

A Componente Ambiental da Engenharia Rodoviária consiste na identificação, definição e metodologia das atividades ambientais relativas aos Projetos de Engenharia Rodoviária, pertinentes às três fases da engenharia, quais sejam: planejamento, projeto básico e projeto executivo e atua em cada fase da engenharia sob dois aspectos distintos, estudos ambientais e propostas de medidas de proteção ambiental, seguindo-se ao detalhamento destas medidas para implantação, que se constitui o projeto ambiental, seja básico ou executivo.

No que diz respeito aos procedimentos, a Componente Ambiental pode ser enfocada como se segue:

- Realização dos estudos ambientais com o diagnóstico ambiental da área de influência, contemplando os componentes do meio físico, biótico e antrópico;
- Identificação e avaliação dos impactos sobre o meio ambiente e a proposição das medidas ambientais para corrigir ou evitar a ocorrência de impactos a serem gerados durante as obras e durante a futura operação;
- Elaboração do Projeto Ambiental, com detalhamento das medidas de recuperação ambiental e mitigadoras.

As medidas de proteção ambiental compreendem os tipos de ação a serem adotadas frente aos Impactos Ambientais Significativos (IAS) das atividades contidas nos quadros abaixo:

Quadro 1 - Instalação do canteiro e desmobilização

Impactos Ambientais Significativos (IAS)	Medida de Proteção Ambiental
- Geração de doenças no pessoal; - Baixa qualidade de vida; - Focos de vetores nocivos.	- Verificar oscilações no contingente humano.
- Poluição da água superficial e subterrânea.	- Verificar as condições de segurança dos tanques de combustíveis, lubrificantes, asfaltos, etc.; - Verificar se as superfícies dos caminhos de serviço sujeitos a geração de poeira estão mantidas úmidas.
- Poluição do ar.	- Manter reguladas as usinas de asfalto e usar filtros; - Verificar ventos predominantes na dispersão da fumaça (evitar que atinjam áreas habitadas).
- Degradação de áreas utilizadas com instalações provisórias.	- Supervisionar a recuperação das áreas utilizadas para instalação do canteiro.

Fonte: Manual de Procedimentos Ambientais em Empreendimentos Rodoviários, DER-MG, 2008

Quadro 2 - Desmatamento e limpeza do terreno

Impactos Ambientais Significativos (IAS)	Medida de Proteção Ambiental
<ul style="list-style-type: none">- Retirada da vegetação e destruição da camada de terra orgânica.Ocasionalmente de erosões na área de desmatamento.	<ul style="list-style-type: none">- As áreas a serem desmatadas ou limpas deverão se restringir às que serão efetivamente exploradas, ou seja, aos limites do <i>off-set</i>, acrescidos de uma faixa mínima de operação, acompanhando a linha do mesmo;- As técnicas de desmatamento e de limpeza de terrenos deverão ser compatíveis com as características da cobertura vegetal a ser retirada. Deverá ser expressamente proibido o uso de explosivos, agentes químicos (herbicidas, desfolhantes), processos mecânicos não controlados e queimados para a realização de desmatamentos e de limpeza de terrenos.
<ul style="list-style-type: none">- Assoreamento de talvegues por carreamento de material.	<ul style="list-style-type: none">- Não permitir o depósito de restos de vegetação nos talvegues.

Fonte: Manual de Procedimentos Ambientais em Empreendimentos Rodoviários, DER-MG, 2008

Quadro 3 - Caminhos de serviços

Impactos Ambientais Significativos (IAS)	Medida de Proteção Ambiental
<ul style="list-style-type: none">- Erosões da estrada e terrenos vizinhos;- Assoreamento de talvegues;- Retenção (represamento) de fluxo de águas superficiais (inclusive rompimentos de bueiros da estrada).	<ul style="list-style-type: none">- Verificar o escoamento nas obras de travessias de cursos d'água e talvegues;- Verificar demolição das obras provisórias, desimpedindo o fluxo dos talvegues e evitando a formação de caminhos preferenciais para a água;- Verificar a recuperação da vegetação nas áreas desmatadas e limpas para implantação dos caminhos de serviço.

Fonte: Manual de Procedimentos Ambientais em Empreendimentos Rodoviários, DER-MG, 2008

Quadro 4 - Terraplenagem, empréstimos e bota-foras

Impactos Ambientais Significativos (IAS)	Medida de Proteção Ambiental
<ul style="list-style-type: none">- Acidentes envolvendo trabalhadores e transeuntes;- Assoreamento de talwegues;- Retenção (represamento) de fluxo de águas superficiais (inclusive rompimentos de bueiros de estrada).	<ul style="list-style-type: none">- Controlar velocidade de veículos e máquinas envolvidos na construção;- Verificar eficiência da sinalização de obra;- Verificar se as superfícies sujeitam a geração de poeira estão mantidas úmidas.
<ul style="list-style-type: none">- Poluição do ar.	<ul style="list-style-type: none">- Verificar se as superfícies sujeitas à geração de poeira estão mantidas úmidas;- Observar emissão das descargas dos veículos e máquinas envolvidos na construção.
<ul style="list-style-type: none">- Sobra de material transportado (terra, entulho, rocha, etc.) ao longo dos trajetos de máquinas e caminhões.	<ul style="list-style-type: none">- Controlar o carregamento dos veículos;- Verificar a superfície de rolamento dos caminhos de serviço;- Controlar velocidade de veículos e máquinas envolvidos no transporte.
<ul style="list-style-type: none">- Ruídos e vibrações.	<ul style="list-style-type: none">- Controlar a emissão de ruídos por motores mal regulados ou com manutenção deficiente.
<ul style="list-style-type: none">- Proliferação de insetos.	<ul style="list-style-type: none">- Verificar localização de caixas de empréstimo;- Verificar existência de áreas sujeitas a empoçamentos em virtude dos serviços de terraplenagem;- Verificar implantação de “Drenagem de Serviço”, que compreendem os dispositivos temporários nas áreas em terraplenagem.
<ul style="list-style-type: none">- Degradação de áreas.	<ul style="list-style-type: none">- Evitar a exploração de empréstimo em áreas urbanizadas / urbanizáveis;- Verificar a recuperação de áreas exploradas;- Verificar a localização das caixas de empréstimos e bota-foras;- Verificar a reconformação dos bota-foras.
<ul style="list-style-type: none">- Erosões e assoreamentos.	<ul style="list-style-type: none">- Verificar a compactação dos bota-foras;- Verificar a implantação de “Drenagem de Serviço”;- Verificar localização de empréstimos e bota-foras;- Verificar a implantação de dissipadores de energia;- Verificar obediência às defasagens permitidas entre as frentes de serviço.

Fonte: Manual de Procedimentos Ambientais em Empreendimentos Rodoviários, DER-MG, 2008

Quadro 5 - Drenagem, bueiros, corta-rios e pontes

Impactos Ambientais Significativos (IAS)	Medida de Proteção Ambiental
- Erosões.	- Verificar limpeza permanente de talvegues; - Verificar se as condições de descarga das obras conduzem à formação de erosões; - Verificar implantação de desvios e captações em condições adversas.
- Assoreamentos, inundações.	- Verificar colocação de entulhos em talvegues e entupimento de bueiros; - Verificar eficiência do sistema de drenagem.

Fonte: Manual de Procedimentos Ambientais em Empreendimentos Rodoviários, DER-MG, 2008

Quadro 6 - Exploração de jazidas de material de construção

Impactos Ambientais Significativos (IAS)	Medida de Proteção Ambiental
- Supressão de vegetação ecologicamente significativa.	- Verificar se o desmatamento está restrito às necessidades da construção.
- Favorecimento para o surgimento de focos de vetores de doenças.	- Não permitir formação de depressões na “praça” da pedreira.
- Degradação de áreas exploradas, como jazidas.	- Verificar a recuperação de áreas exploradas.
- Sobra de material transportado (entulho, rocha, etc.) ao longo do trajeto de máquinas e caminhões.	- Controlar o carregamento dos veículos; - Verificar a superfície de rolamento dos caminhões de serviço; - Controlar velocidade de veículos e máquinas envolvidos no transporte.

Fonte: Manual de Procedimentos Ambientais em Empreendimentos Rodoviários, DER-MG, 2008

Quadro 7 - Risco de ocorrência de acidentes

Impactos Ambientais Significativos (IAS)	Medida de Proteção Ambiental
- Acidentes envolvendo usuários e trabalhadores.	<ul style="list-style-type: none">- Equacionar e dimensionar caminhos alternativos, cruzamentos em desnível, trevos, passarelas e dispositivos de controle rígido de tráfego, barreiras para impedir ou reduzir as interfaces entre veículos, pedestres, ciclistas, rebanhos, etc.;- Implantar sinalização nas estradas e caminhos de serviços eficientes e abundantes, tanto dentro do perímetro das obras e canteiros, como nas vias vicinais às obras;- limitar e controlar a velocidade de veículos e equipamentos;- Treinar os operadores de veículos e equipamentos, instruindo-os, em especial, sobre os riscos de manobras inadequadas;- Implantar redutores de velocidade próximos a áreas habitadas;- Conscientizar a população no entorno das obras, através de comunicação por meio de placas, panfletos, imprensa escrita e falada, dos riscos inerentes ao tráfego de obra;- Restringir a circulação de veículos e equipamentos a horários diurnos.

Fonte: Manual de Procedimentos Ambientais em Empreendimentos Rodoviários, DER-MG, 2008

3.6.1 - Caminhos de serviço

Os caminhos de serviço (FIG. 64) são abertos para uso provisório durante as obras, seja para permitir uma operação mais eficiente das máquinas e equipamentos de construção, seja para garantir o acesso a áreas de exploração de materiais e insumos (água, areia, pedra, etc). Sendo para uso provisório, busca-se implantá-los com menor dispêndio possível de recursos, economizando-se na abertura da vegetação, no movimento da terra, na transposição de talvegues, etc (DNER-ES 279/97).

Nos locais onde se faz necessária a abertura de caminhos de serviço para acesso às jazidas, caixas de empréstimos e obras de arte correntes, são tomadas as seguintes medidas:

- Demolição das obras provisórias, desimpedindo o fluxo dos talvegues e evitando a formação de caminhos preferenciais para as águas;
- Recuperação de vegetação nas áreas desmatadas e limpas para a implantação dos caminhos de serviço (AGETOP, 2007).

3.6.2 - Estocagem adequada do solo e material orgânico removido

De acordo com Silva (2008), o solo removido ao longo da via das caixas de empréstimos e jazidas deverá ser disposto na faixa de domínio ou ao lado das caixas de empréstimos e jazidas, separando-se o solo orgânico (*top soil*) do não orgânico e os resíduos vegetais.

Esse material (solo orgânico) deverá ser armazenado em forma de leiras longitudinais, até o término dos serviços, de maneira que não seja carregado pelas águas superficiais em direção aos fundos de vale e cursos d'água (AGETOP, 2007).

Esse material deverá ser utilizado na recomposição das áreas de empréstimos e jazidas, conforme apresentado na Figura 15.

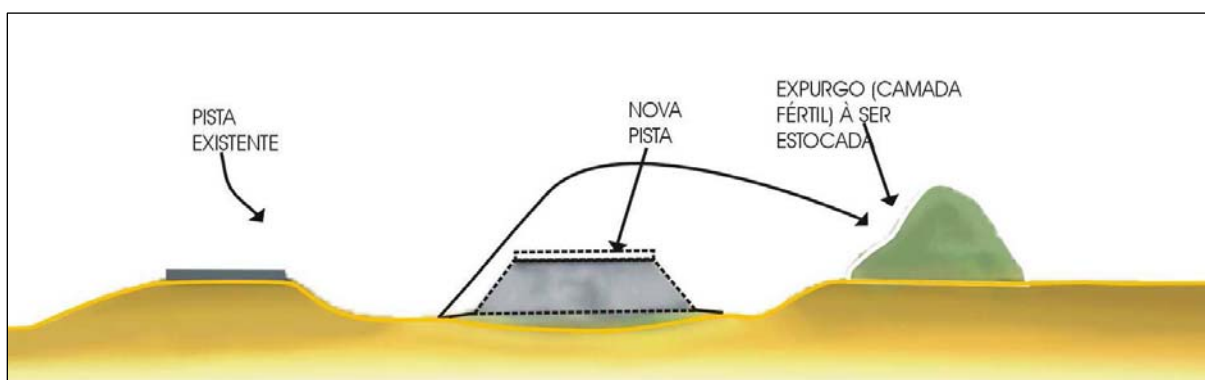


Figura 15 – Estocagem da camada fértil
Fonte: SILVA, 2008

3.6.3 - Empréstimos concentrados

Os empréstimos de terra, na fase de projeto, devem ser escolhidos de modo que a exploração tenha um custo reduzido de transporte, chegando-se ao extremo das construções projetadas pelo método do bota-dentro, onde os tratores escavam o terreno natural perpendicularmente ao eixo da futura rodovia, acumulando o material sobre a plataforma projetada, SILVA (2008). Este método construtivo cria uma série imensa de piscinas ao longo das rodovias, tanto jusante como montante delas.

As áreas de empréstimos concentrados, caso sejam utilizadas, terão as camadas de fundo ocupadas por material inaproveitável, como solo mole ou aqueles não adequados para camadas de aterro. Em seguida haverá o espalhamento do “*top-soil*”, que é formado pelo material originário da limpeza da camada vegetal desses empréstimos, complementado pelo material retirado da faixa a ser ocupada pela via, além da recomposição da vegetação, conforme mostrado na Figura 16.

O “*top soil*” deverá ser arado e gradeado, de modo a se incorporar ao solo estéril das camadas de fundo. Após a conformação descrita acima será feita a revegetação destas áreas por meio do plantio de sementes de gramíneas e leguminosas a lanço.

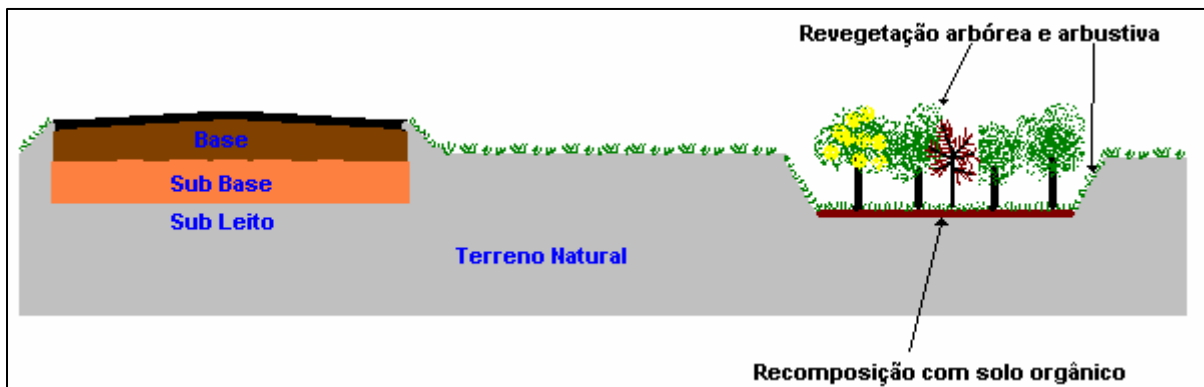


Figura 16 - Vista transversal – área de empréstimo
Fonte: SILVA, 2008

3.6.4 - Áreas de taludes de corte e aterro

Nos locais em que forem realizados cortes ou aterros (FIG. 54, 56 e 59), e formados taludes íngremes, deverão ser realizados de imediato a reconformação dos mesmos e o processo de plantio de sementes e gramíneas será feito conforme a instrução DNER-ES 341/97.

A conformação de taludes deverá consistir nas atividades de acertos de acabamento na superfície e inclinação dos taludes, de maneira que estes estejam aptos a receber a cobertura vegetal a ser introduzida.

Os taludes deverão apresentar conformação final como definido no Projeto de Engenharia (SILVA, 2008).

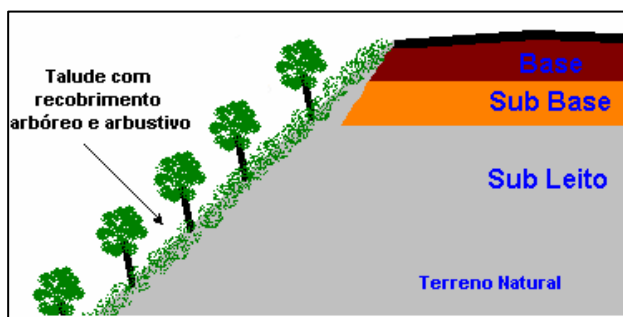


Figura 17 - Vista transversal – aterro
Fonte: SILVA, 2008

3.6.5 - Bota-fora

De acordo com o Manual de Conservação Rodoviária do DNIT (2005), nos bota-foras são indicados os seguintes cuidados:

- Sempre que possível executar o bota-fora em alargamento de aterro;

Remoção e estocagem de camada vegetal existente no local, para posterior reaproveitamento;

Execução de bota-fora, com camadas com espessura máxima de 20cm, compactadas;

Conformação dos taludes do bota-fora, evitando-se arestas vivas e adotando-se taludes suaves;

Reposição da camada vegetal estocada, sobre o bota-fora. No caso de bota-fora de solo mole sua destinação deverá ser cuidadosa. Assim sendo, todo solo mole a ser retirado será depositado como camada de fundo nas caixas de empréstimos laterais e a seguir as mesmas serão revegetadas (Figura 18).

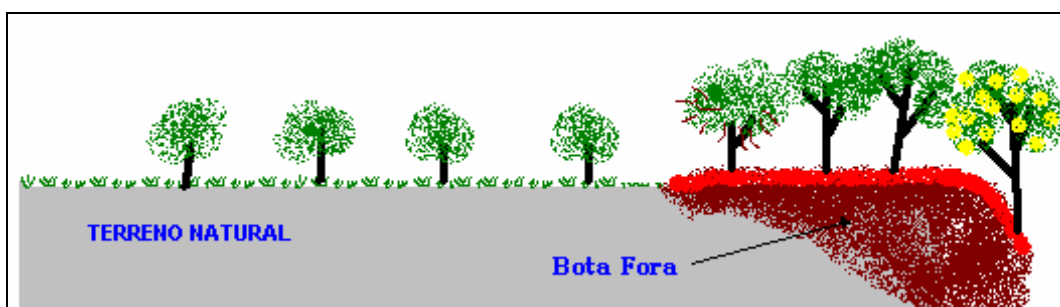


Figura 18 - Vista transversal – bota-fora.
Fonte: SILVA, 2008

3.6.6 - Jazidas

Os depósitos naturais de materiais de construção suscetíveis de fornecer material para a finalidade visada também deverão receber tratamento adequado, onde será recomposta a camada de solo orgânico e, logo após recobrimento arbóreo (Figura 19-a e Figura 19-b).

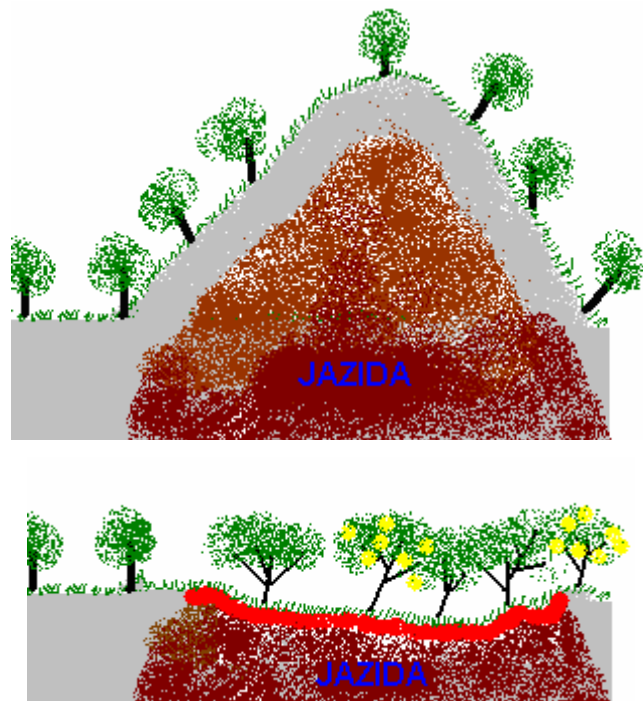


Figura 19 - (a) Jazida não explorada; (b) jazida explorada
Fonte: SILVA, 2008

3.7 - Características dos trechos em estudo

Os trechos em estudo são componentes do Programa de Melhoramento e Pavimentação de Acessos e Ligações Municipais – (Processo), que tem como objetivo melhorar as condições de acessibilidade de uma parcela dos municípios do Estado de Minas Gerais desprovidos de acesso pavimentado à rede rodoviária principal, oferecendo uma gama considerável de benefícios, os quais são auferidos em especial pelos usuários das vias (e repassados para a sociedade, como um todo) e pelas comunidades lindeiras localizadas na área de influência direta do empreendimento. O Programa prevê a elaboração de projetos de engenharia rodoviária de melhoramento e pavimentação de rodovias.

As obras são de melhoria e pavimentação de trechos de estradas de terra existentes e em operação. As melhorias são correções da geometria da via, tais como curvas horizontais, curvas verticais, rampas, seção transversal (mínima de 8,60 metros) e a pavimentação com revestimento asfáltico por tratamento superficial (brita e emulsão asfáltica).

As correções geométricas se dão por terraplenagem executada por máquinas e equipamentos como tratores de esteira, escavadeiras, motoscaper, caminhões basculantes, carregadeiras, motoniveladoras (FIG. 53) e outros. As vias são de pequeno volume de tráfego e, portanto

suas características técnicas são aquelas exigíveis para seção transversal e velocidade diretriz mínimas.

Como se procura aproveitar ao máximo, sem prejuízo para a via, o leito da estrada existente, a terraplenagem é aquela necessária à padronização da seção transversal em 8,60 metros de plataforma e compõe-se de cortes e aterros, que se compensam diretamente ou com inclusão de empréstimos e bota-foras.

A drenagem que pode ser implantada em função do asfaltamento do trecho compõe-se de drenagem superficial e de talvegues. A drenagem superficial é implantada no entorno da terraplenagem, e visa coletar e conduzir a água precipitada no leito da estrada projetada e nas áreas de taludes de cortes e aterros, principalmente.

A drenagem de talvegues compreende o alargamento de pontes e outras obras-de-arte ou a construção de novas pontes ou obras-de-arte para transposição de corpos d'água (travessias rodoviárias) em pontos de intervenção localizados no projeto de engenharia rodoviária. Ainda, na drenagem de talvegues ocorre a construção de bueiros e outras obras para drenagem de talvegues secos.

A pavimentação prevista é em sua maior parte composta por camadas de solos estabilizados obtidos em jazidas de saibro e cascalho, as quais deverão ser exploradas e o material exportado para composição do pavimento.

Os volumes de terraplenagem foram obtidos a partir dos elementos fornecidos pelo Projeto Geométrico, através do método das áreas e semidistâncias entre as seções transversais. Os volumes resultantes dos cortes são volumes geométricos. Os volumes de aterro são os volumes geométricos multiplicados pelo fator de empolamento = 1,30.

A seguir, são apresentadas as principais características dos trechos objeto deste estudo.

Os trechos foram escolhidos em decorrência de alguns fatores, tais como facilidade de aquisição de dados, informações, fotos, acessibilidade aos estudos e projetos ambientais e localização na bacia do rio doce e região central de Minas Gerais, que são as regiões mais desenvolvidas do estado. Os valores retirados do quadro resumo de terraplenagem dos quatro trechos são provenientes do Relatório de Controle Ambiental (RCA) dos mesmos, constantes no capítulo Descrição do Empreendimento e item Terraplenagem.

3.7.1 - Dom Joaquim – Entroncamento MG-010

O trecho está localizado na região central de Minas Gerais na MG-229, que faz a ligação entre Dom Joaquim e a MG-010 com extensão de 17,24 km, conforme mapa de situação abaixo.

Tabela 02 – Localização do trecho Dom Joaquim – Entroncamento MG-010

COORDENADAS	ESTACA	EXTENSÃO (km)
N = 7.902.437,2200 E = 682.796,0818	Inicial 0	17,244
N = 7.904.462,5981 E = 668.292,8202	Final 862 + 4,83	

Os municípios atravessados pelo trecho são: Conceição do Mato Dentro e Dom Joaquim.



Figura 20 – Mapa de situação do trecho Dom Joaquim – Entroncamento MG-010

Fonte: ENECON, 2007

Legenda:

- Rodovia em Estudo
- Rodovia Existente na Área de Influência

Tabela 03 – Características do trecho Dom Joaquim – Entroncamento MG-010

RODOVIA (PREFIXO)	TRECHO	TIPO DE PISTA	NÚMERO DE FAIXAS DE ROLAMENTO	LARGURAS	TIPO DE PISO
MG-229	Dom Joaquim Entroncamento MG-010	Pista Simples	2 faixas de rolamento, com acostamentos.	3,30 m cada faixa e acostamento de 0,40 cm e dispositivo de drenagem 0,60	Tratamento Superficial Duplo (TSD)

Tabela 04 – Resumo dos quantitativos de terraplenagem

Resumo dos Volumes			
Escavação (m³)		Destino (m³)	
1ª Categoria - Cortes	84.263	Corpo de Aterro	103.449
Empréstimos	114.000	Acabamento de Terraplenagem	105.546
Substituição material do subleito	24.458	Bota-fora	20.671
2ª Categoria - Cortes	1.457	COMPACTAÇÃO DE ATERROS	
3ª Categoria - Cortes	5.488	95% PIN (corpo aterro + bota-fora) = 96.743	
Volume Total Escavado	229.666	100% PIN (camadas finais) = 81.189	

- Extensão total do trecho: 17.244,83 m;
- Escavação média por km: 13.318 m³/km.



Figura 21 - Início do trecho Dom Joaquim – Entr. MG-010
Fonte: ENECON, 2007



Figura 22 – Vegetação do trecho Dom Joaquim – Entr. MG-010
Fonte: ENECON, 2007



Figura 23 – Transposição de curso d'água – APP
Fonte: ENECON, 2007



Figura 24 – Vista geral do trecho Dom Joaquim – Entr. MG-010
Fonte: ENECON, 2007



Figura 25 – Travessia de povoado
Fonte: ENECON, 2007



Figura 26 - Trecho Dom Joaquim – Entr. MG-010 sem pavimento
Fonte: ENECON, 2007



Figura 27 - Foto panorâmica da estrada
Fonte: ENECON, 2007



Figura 28 - Erosões no talude de corte
Fonte: ENECON, 2007



Figura 29 - Escorregamento em talude de corte
Fonte: ENECON, 2007



Figura 30 - Retirada de material por terceiros
Fonte: ENECON, 2007

Tabela 06 – Características do trecho São José da Safira – Entr.º BR-451 (Nacip Raydan)

RODOVIA (PREFIXO)	TRECHO	TIPO DE PISTA	NÚMERO DE FAIXAS DE ROLAMENTO	LARGURAS	TIPO DE PISO
Municipal	São José da Safira Entroncamento BR-451 (Nacip Raydan)	Pista Simples	2 faixas de rolamento, com acostamentos.	3,30 m cada faixa e acostamento de 0,40 m e dispositivo de drenagem 0,60	Tratamento Superficial Duplo (TSD)

Tabela 07 – Resumo dos quantitativos de terraplenagem.

Resumo dos Volumes			
Escavação (m³)		Destino (m³)	
1ª Categoria – Cortes	483.270	Corpo de Aterro	425.679
Empréstimos	47.058	Acabamento de Terraplenagem	119.533
Substituição material do subleito	9.355	Bota-fora – TOTAL	38.624
2ª Categoria + Cortes	9.139	COMPACTAÇÃO DE ATERROS	
3ª Categoria – Cortes	24.087	95% PIN (corpo aterro + bota-fora) = 53.581m³	
3ª Categoria – Rebaix. Subleito	10.923	100% PIN (camadas finais) = 91.948 m³	
Volume Total Escavado	583.832	Escavação média por km = 22.788 m³/km	

- Escalonamento de aterros: 4.847,00 m³
- Extensão total do trecho: 25.618,43 m



Figura 32 – Escorregamentos e erosões no trecho São José da Safira – Entr.º BR-451 (Nacip Raydan)
Fonte: ENECON, 2007

3.7.3 - Materlândia – Rio Vermelho

O trecho está localizado na Bacia do Rio Doce no Estado de Minas Gerais na LMG-752, que faz a ligação entre Materlândia e Rio Vermelho com extensão de 26,247 km, conforme mapa de situação abaixo.

Tabela 08 – Localização do trecho Materlândia – Rio Vermelho

COORDENADAS	ESTACA	EXTENSÃO (km)
E X = 704.859,9673 N Y = 7.956.239,5813	Inicial 0,0	26,247
E X = 709.763,0510 N Y = 7.976.240,2332	Final 1312 + 6.646	

Os municípios atravessados pelo trecho são Materlândia e Rio Vermelho.



Figura 33 – Mapa de situação do trecho Materlândia – Rio Vermelho

Fonte: ENECON, 2007

Legenda:

- Rodovia em Estudo
- Rodovia Existente na Área de Influência

Tabela 09 – Características do trecho Materlândia – Rio Vermelho

RODOVIA (PREFIXO)	TRECHO	TIPO DE PISTA	NÚMERO DE FAIXAS DE ROLAMENTO	LARGURAS	TIPO DE PISO
LMG-752	Materlândia - Rio Vermelho	Pista Simples	2 faixas de rolamento, com acostamentos.	3,30 m cada faixa e acostamento de 0,70 cm e dispositivo de drenagem 0,60	Tratamento Superficial Duplo (TSD)

Tabela 10 – Resumo dos quantitativos de terraplenagem

Resumo dos Volumes			
Escavação (m ³)		Destino (m ³)	
1ª Categoria - Cortes	221.733	Corpo de Aterro	85.031
Empréstimos	-	Acabamento de	65.095
Substituição material do	8.090	Bota-fora – 1ª Categoria	122.652
2ª Categoria - Cortes	8.039	COMPACTAÇÃO DE ATERROS	
3ª Categoria - Cortes	19.058	95% PIN (corpo aterro) + (bota-fora) = 138.176	
Volume Total Escavado	256.920	100% PIN (camadas finais) = 59.524	

- Extensão total do trecho: 26.246,64 m;
- Escavação média por km: 9.792,00 m³/km.

As fotos apresentadas a seguir, estaca 520 e 316, mostram uma panorâmica da rodovia atual.



Figura 34 – Foto panorâmica do trecho
Fonte: ENECON, 2007



Figura 35 – Retirada de material por terceiros
Fonte: ENECON, 2007



Figura 36 – Jazida em exploração
Fonte: ENECON, 2007



Figura 37 – Erosões no talude de corte
Fonte: ENECON, 2007



Figura 38 – Erosões no bordo da pista
Fonte: ENECON, 2007



Figura 39 – Erosões no talude e bordo da pista
Fonte: ENECON, 2007



Figura 40 – Retirada de material por terceiros
Fonte: ENECON, 2007



Figura 41 – Instabilidade no talude de corte
Fonte: ENECON, 2007

3.7.4 - Frei Lagonegro – Entroncamento MG-117

O trecho está localizado na Bacia do Rio Doce no Estado de Minas Gerais na rodovia de ligação entre Frei Lagonegro e a MG-117 com extensão de 10,19 km, conforme mapa de situação abaixo.

Tabela 11 – Localização do trecho Frei Lagonegro – Entr.º MG-117

COORDENADAS	ESTACA	EXTENSÃO (km)
E = 736.246,2829 N = 7.989.783,1106	Inicial 0	10,19
E = 728.990,7365 N = 7.985.727,4434	Final 509 + 13,199	

Os municípios atravessados pelo trecho são: Frei Lagonegro e Coluna.



Figura 42 – Mapa de situação do trecho Frei Lagonegro – Entr.º MG-117
Fonte: ENECON, 2007

Legenda:

- Rodovia em Estudo
- Rodovia Existente na Área de Influência

Tabela 12 – Características do trecho Frei Lagonegro – Entr.º MG-117

RODOVIA (PREFIXO)	TRECHO	TIPO DE PISTA	NÚMERO DE FAIXAS DE ROLAMENTO	LARGURAS	TIPO DE PISO
Rodovia de Ligação	Frei Lago Negro - Entroncamento MG - 117	Pista Simples	2 faixas de rolamento, com acostamentos.	3,30 m cada faixa e acostamento de 0,40 cm e dispositivo de drenagem 0,60*	Tratamento Superficial Duplo (TSD)

Tabela 13 – Resumo dos quantitativos de terraplenagem

Resumo dos Volumes			
Escavação (m³)		Destino (m³)	
1ª Categoria - Cortes	140.769	Corpo de Aterro	144.169
Empréstimos	41.626	Acabamento de Terraplenagem	49.848
Substituição material do subleito	5.318	Bota-fora – 1ª Categoria	310
2ª Categoria - Cortes	1.818	Compactação de Aterros	
3ª Categoria - Cortes	4.555	95% PIN (corpo aterro) = 110.899 - Bota-fora = 238	
Volume Total Escavado	194.327	100% PIN (camadas finais) = 38.065	

- Extensão total do trecho: 10.193,199 m;

- Escavação média por km: 19.041 m³/km.

Observações: Devido ao pouco volume destinado para bota-fora, observa-se que o depósito deste material será feito nas proximidades da interseção do trecho. De acordo com os manuais de procedimentos ambientais citados no item proteção ao meio ambiente, este material deverá ser compactado e revestido com grama.

As fotos apresentadas a seguir, mostram uma panorâmica da rodovia, em seu estado atual.



Figura 43 – Vista panorâmica do Trecho
Fonte: ENECON, 2007



Figura 44 – Vista panorâmica do trecho
Fonte: ENECON, 2007

Observa-se no trecho a presença de solo mole com grande profundidade (FIG. 45), local da implantação da interseção com a MG-117. Um projeto específico para a fundação do aterro deverá ser elaborado. O local pode ser visto na foto abaixo.



Figura 45 – Presença de solo mole no trecho Frei Lagonegro – Entr.º MG-117
Fonte: ENECON, 2007

4 – METODOLOGIA

Para a realização do estudo proposto, a princípio foi pesquisado o embasamento teórico acerca do tema “Projeto de Terraplenagem de Rodovias”, que permeia todo o trabalho de engenharia rodoviária. Em seguida, inicia-se a elaboração do estudo, que se pauta na caracterização dos trechos em relação à movimentação de terra, bem como o levantamento das questões que envolvem o fluxo dos materiais (origem e destino).

O presente trabalho foi realizado em duas etapas distintas que contemplam o assunto abordado. A primeira etapa concretiza-se através da pesquisa relacionada à questão da movimentação de terra em quatro trechos do Programa Processo. Para tanto, este estudo se pauta principalmente na análise do Projeto de Terraplenagem dos trechos São José da Safira – Entroncamento BR-451 (Nacip Raydan), Frei Lagonegro – Entroncamento MG-117, Dom Joaquim – Entroncamento MG-010 e Materlândia – Rio Vermelho. No Projeto de Terraplenagem é avaliada a maneira com que é feita a distribuição dos materiais, na qual são indicados os volumes de escavação e destino dos mesmos. A metodologia utilizada para a realização desta primeira etapa do estudo correspondente aos serviços de terraplenagem dos trechos aborda primeiramente a caracterização dos trechos em estudo (topografia, relevo, características do solo, ocorrência de materiais em caixas de empréstimos e jazidas) e, em seguida, será feito o levantamento de dados do projeto de engenharia rodoviária de melhoria e pavimentação dos trechos citados.

A segunda etapa do trabalho refere-se ao armazenamento e organização das informações obtidas e à interpretação dos dados coletados referentes às variáveis correspondentes ao quadro resumo de terraplenagem. A abordagem do projeto nesta fase envolve a leitura e interpretação de tabelas e gráficos que contém as quantidades de movimentação de terra necessárias para a implantação das rodovias. Serão elaborados gráficos comparativos entre os valores obtidos em cada trecho (volume de corte/km, volume de empréstimos/km, volume de bota-foras/km, etc.).

Portanto, para a realização das etapas constituintes deste estudo, a metodologia compreende:

- descrição sobre a questão da movimentação de terra na construção de rodovias.
- apresentação de mapas de localização, características principais dos trechos em estudo e quadro resumo de terraplenagem dos mesmos.

- leitura e interpretação de dados gerais de caracterização dos trechos como: topografia, locais de afloramento de rocha, número de curvas, relevo, tipo de solo, características técnicas e operacionais dos trechos e, principalmente, ocorrência de materiais em caixas de empréstimos e jazidas que irão influenciar nas variáveis utilizadas na terraplenagem.
- apresentação de gráficos e tabelas relacionando a quantidade de corte realizado por quilômetro com o volume de material para o corpo de aterro a cada quilômetro para cada trecho. Analisar as variáveis que definiram os valores obtidos.
- apresentação de gráficos e tabelas relacionando a quantidade de corte realizado por quilômetro com o volume de material de bota-fora por quilômetro para cada trecho. Analisar as variáveis que definiram os valores obtidos.
- apresentação de critérios para a definição do melhor traçado da rodovia como alternativa econômica para a minimização dos volumes de corte e/ou menor geração de resíduos para bota-fora.

5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

É fato que as estradas representam um indicador de desenvolvimento, uma vez que por seu intermédio as populações passam a ter acesso a outros equipamentos de infraestrutura, ao incremento dos transportes e da comunicação, além de um conjunto de serviços que lhes são possibilitados devido a uma maior facilidade de acesso ao mercado e de novas oportunidades de emprego e renda. Por outro lado, quando não adequadamente dimensionados, os potenciais impactos decorrentes desse tipo de equipamento podem gerar impactos irreversíveis de natureza física, biótica e antrópica.

Em suma, a terraplenagem rodoviária é a escavação nos cortes para construção de aterros procurando-se obter a compensação entre os volumes. Quando a compensação não é exata e sobra solo dos cortes há a necessidade de construção de bota-foras para deposição, e no caso inverso, de falta de material na compensação a escavação é feita em caixas de empréstimos. Estas áreas de bota-foras, quando não executadas em conformidade com as normas e procedimentos ambientais, no caso de acúmulo de água, podem constituir-se de locais onde há grande potencial para proliferação de vetores causadores de doenças e ainda, caso não seja feita uma conformação, proteção e revegetação dessas áreas pode ocorrer o direcionamento desse material aos cursos d'água provocando assoreamento, redução do volume útil dos rios, mudança na velocidade das águas, etc.

Ao analisar o tema deste estudo dentro do âmbito da engenharia sanitária constata-se que as obras para pavimentação de rodovias estão diretamente relacionadas ao assunto, pois a própria ausência da pavimentação, ou seja, uma “estrada de terra” implica na presença de resíduos (solo, cascalho, etc.), que serão direcionados aos talwegues através das precipitações pluviométricas, o que implica no assoreamento de cursos d'água, redução da profundidade dos rios, poluição das águas, redução de habitat da vida aquática, como algas, fauna e ictiofauna, etc. (FIG. 46 e FIG 47). Desta forma, algumas vertentes, como a dessedentação de animais ou a utilização de mananciais para abastecimento público ficam prejudicadas. O abastecimento público, por exemplo, cada vez mais tem que ir a lugares mais distantes para adquirir águas de melhor qualidade e/ou utilizar técnicas mais onerosas para o tratamento de águas para o consumo humano.



Figura 46 – Solo sendo carregado
Fonte: ENECON, 2007



Figura 47 – Assoreamento de curso d'água
Fonte: ENECON, 2007

Outro aspecto que pode-se relacionar a movimentação de terra com a engenharia sanitária é que, quando da execução de cortes e aterros, na maioria das vezes quando não se executa em conformidade com as recomendações ambientais, observa-se que há uma exposição do subsolo, disponibilizando material terroso para sofrer transporte por águas pluviais e causar assoreamento dos cursos hídricos. Além disso, o processo de erosão carrega solo, empobrecendo o substrato dos locais por ela afetado, causando redução de áreas naturais.

Com relação à hidrogeologia, a impermeabilização causada pela pavimentação causa redução da infiltração de águas pluviais e aumento do escoamento superficial, reduzindo a recarga do aquífero e aumentando o volume das águas superficiais, o que provoca riscos sobre o tráfego e ao meio ambiente.

Em uma obra rodoviária, os movimentos de terras representam um acréscimo elevado do custo total da obra, motivo pelo qual é importante o seu estudo com algum rigor.

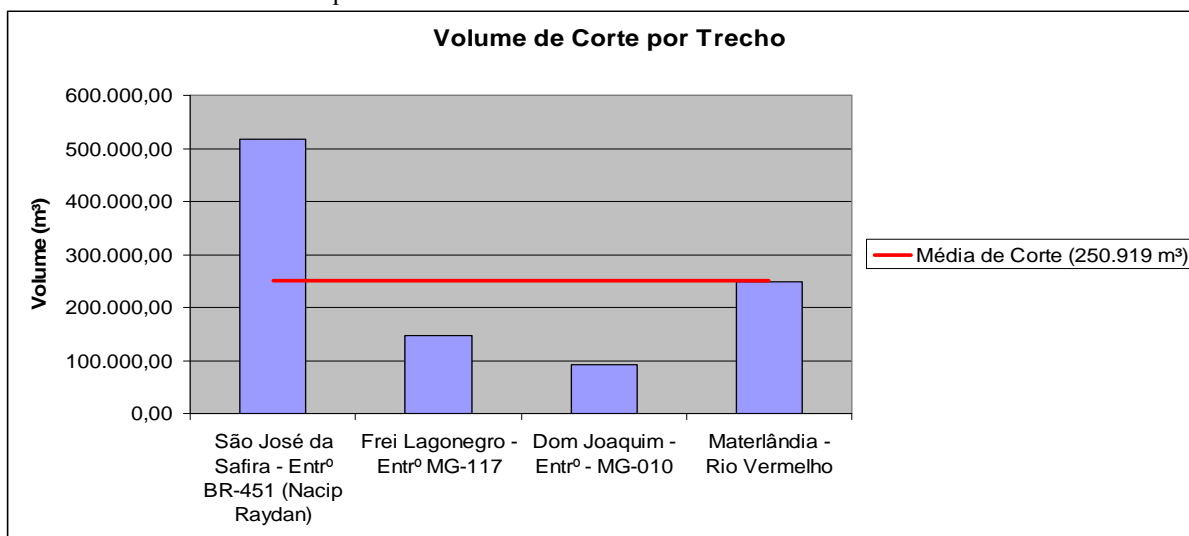
Os serviços de terraplenagem e pavimentação, por lidarem com a movimentação de milhares de toneladas de material e um grande número de equipamentos pesados, requerem uma atenção especial por parte dos construtores e dos órgãos contratantes. Assim, é necessário que a movimentação dos materiais entre cortes, jazidas e aterros seja feita de forma racional para que se consiga redução no custo das obras.

Na Engenharia Rodoviária as dificuldades são encaradas sob a ótica do custo/benefício. Se o benefício for grande, os valores ideais são ajustados a essa realidade, pois resumindo a “Engenharia é a arte de se fazer o melhor pelo menor custo.”

A seguir, é apresentada uma análise sobre os volumes da distribuição de materiais para a execução das obras rodoviárias nos trechos São José da Safira – Entroncamento BR-451

(Nacip Raydan), Frei Lagonegro – Entroncamento MG-117, Dom Joaquim – Entroncamento MG-010 e Materlândia – Rio Vermelho.

Gráfico 01 – Volume de corte por trecho



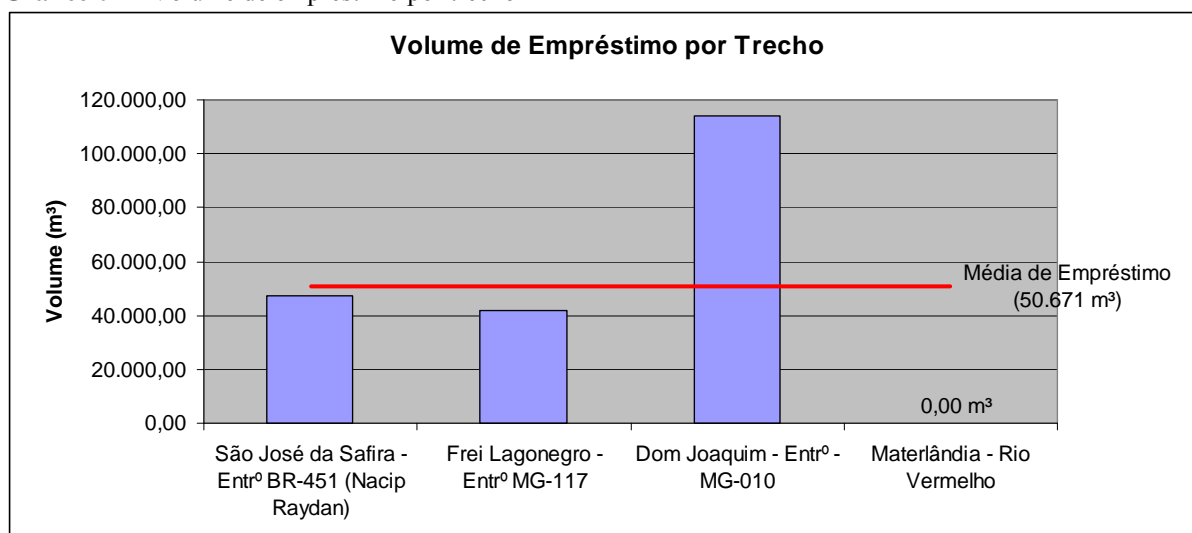
Fonte: Projeto de Engenharia Rodoviária, ENECON, 2007

Verifica-se no gráfico acima que o trecho São José da Safira – Entroncamento BR-451 (Nacip Raydan) apresenta o maior volume de corte, sendo que 93,5% são aqueles realizados sobre materiais de 1ª categoria. Tal fato se deve às suas características de relevo ondulado, classe da rodovia e pontos de passagem forçada. Neste último item consideram-se desvios de Áreas de Preservação Permanente (APPs), áreas rochosas de alto custo de implantação (material de 3ª categoria), presença de residências (vilas e fazendas) e patrimônios naturais. Por isso, neste trecho houve maior volume de corte que os demais. O total de corte realizado no trecho é o dobro da média entre os demais trechos estudados. Nos demais trechos, a situação é mais favorável, o que permitiu menos intervenção de escavações de corte.

Cabe destacar que em vários pontos nos trechos Frei Lagonegro – Entroncamento MG-117, Materlândia – Rio Vermelho e, principalmente Dom Joaquim – Entroncamento MG-010 usou-se um greide respeitando caminhos existentes, o que poupou recursos financeiros e desapropriações.

Em relação à preservação ambiental, observa-se que o revestimento vegetal dos taludes de corte, quando previsto, deverá ser executado imediatamente após o corte.

Gráfico 02 – Volume de empréstimo por trecho

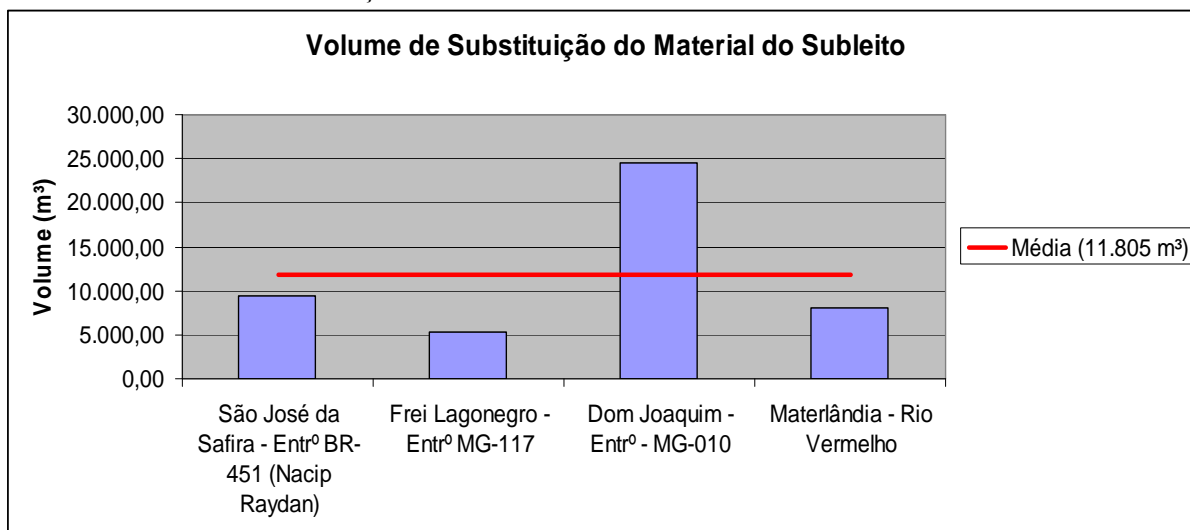


Fonte: Projeto de Engenharia Rodoviária, ENECON, 2007

A média do volume de materiais de empréstimo a serem adquiridos para fins de execução de infraestrutura, tais como regularização do subleito, subleito, sub-base, base, recomposição e retirada de solo mole, terrenos com baixos índices detectados nos ensaios (impróprios para uso), reconformações e retaludamentos de cortes e aterros erodidos é 50.671 m³. O trecho que requer maior volume de empréstimo é o Dom Joaquim – Entroncamento MG-010. A característica do trecho que determinou esta necessidade de um grande volume de empréstimos é principalmente a substituição de material de execução da infraestrutura (vide gráfico 03). Pode-se observar que o trecho Materlândia – Rio Vermelho não apresentou necessidade de obtenção de materiais de empréstimo, uma vez que o material produzido pelo corte foi satisfatório para implantação da infraestrutura, não precisando de correções através de materiais provenientes dos empréstimos.

Observa-se que, parte da utilização de empréstimos no trecho Frei Lagonegro – Entroncamento MG-117 será utilizada para os serviços de retaludamento de cortes que sofreram processos erosivos devido a exposição do solo quando da construção da estrada em revestimento primário.

Gráfico 03 – Volume de substituição do material do subleito nos trechos considerados



Fonte: Projeto de Engenharia Rodoviária, ENECON, 2007

Para o dimensionamento de um pavimento rodoviário é indispensável o conhecimento do solo que servirá para a futura estrutura a ser construída. Este solo de fundação, chamado subleito, requer atenção especial, através de estudos geotécnicos, que possibilitam o seu reconhecimento, identificação e quantificação das suas características físicas e mecânicas assim como a obtenção dos parâmetros geotécnicos necessários ao dimensionamento da estrutura.



Figura 48 – Espessura e camadas para a pavimentação
Fonte: Manual de Conservação Rodoviária (DNIT), 2005

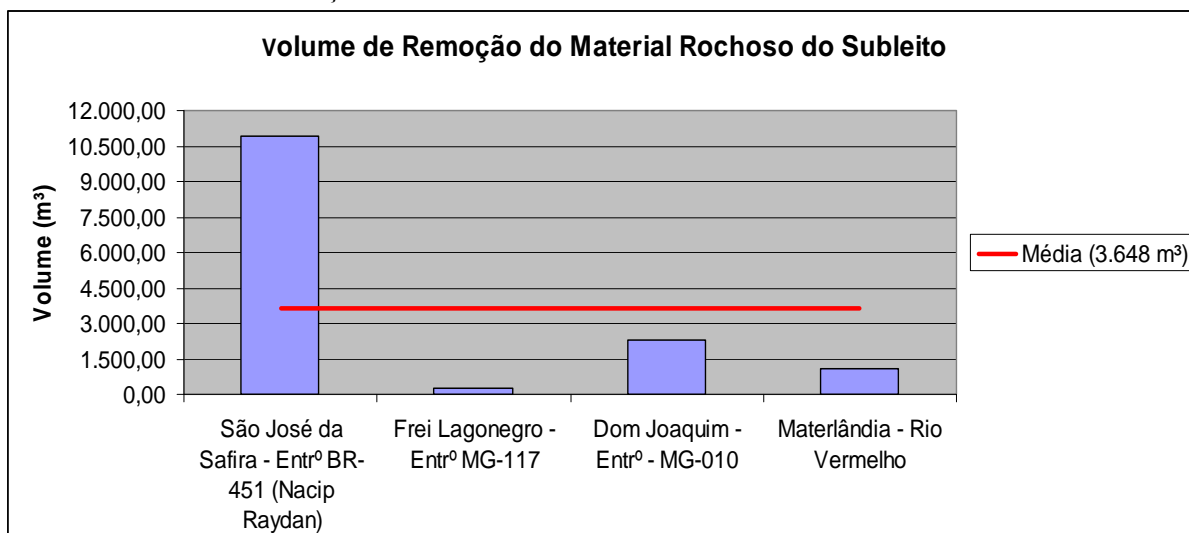
A espessura final do pavimento, assim como os tipos de materiais a serem empregados são função das condições do subleito. Quanto pior forem as condições do subleito, maior será a espessura do pavimento, podendo muitas vezes, ser requerida a substituição parcial do mesmo, com troca por outro de melhores condições.

O subleito é considerado um maciço que serve de fundação para um pavimento. Observa-se no gráfico 03 que a media de remoção de material do subleito nos trechos objeto deste estudo e de 11.805 m³.

Quando da execução do projeto de engenharia rodoviária, observou-se que o material existente na superfície dos trechos encontrado após o corte ou então na estrada rural existente era de baixa qualidade, exigindo substituição de material do subleito.

Considera-se relevante o volume de 24.458 m³ de substituição de material do subleito no trecho Dom Joaquim – Entroncamento MG-010. Nos demais trechos foi relativamente satisfatório, tendo-se que substituir menos.

Gráfico 04 – Volume de remoção do material rochoso do subleito nos trechos considerados

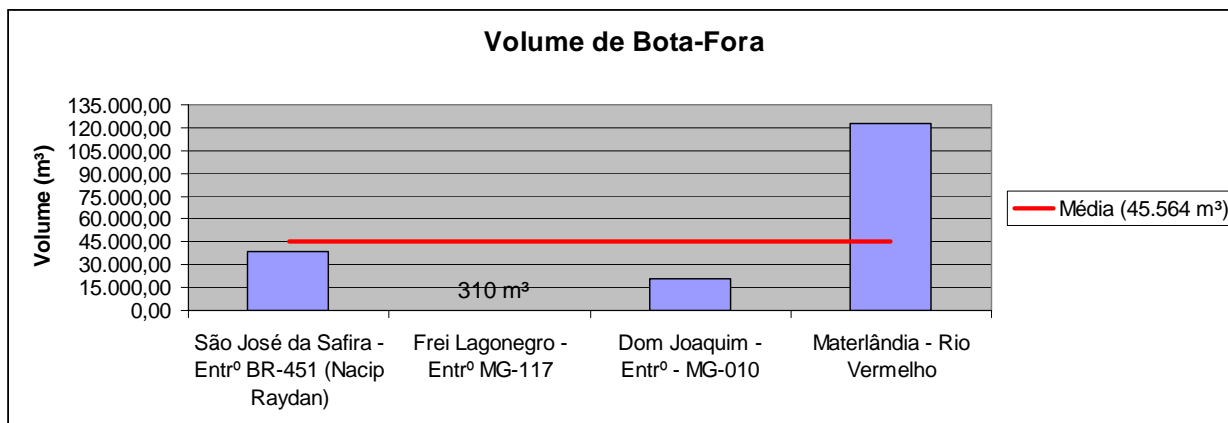


Fonte: Projeto de Engenharia Rodoviária, ENECON, 2007

O material rochoso presente no subleito deve ser retirado para a execução da fundação para a infraestrutura do pavimento.

A média de volume de remoção do material rochoso do subleito é de 3.648 m³ para cada trecho e descreve relativamente bem a morfologia e o extrato geológico existente nos locais. Nestes pontos existem afloramentos rochosos abundantes devido à intrusão de corpos batolíticos de composição granitóide.

Gráfico 05 – Volume de bota-fora



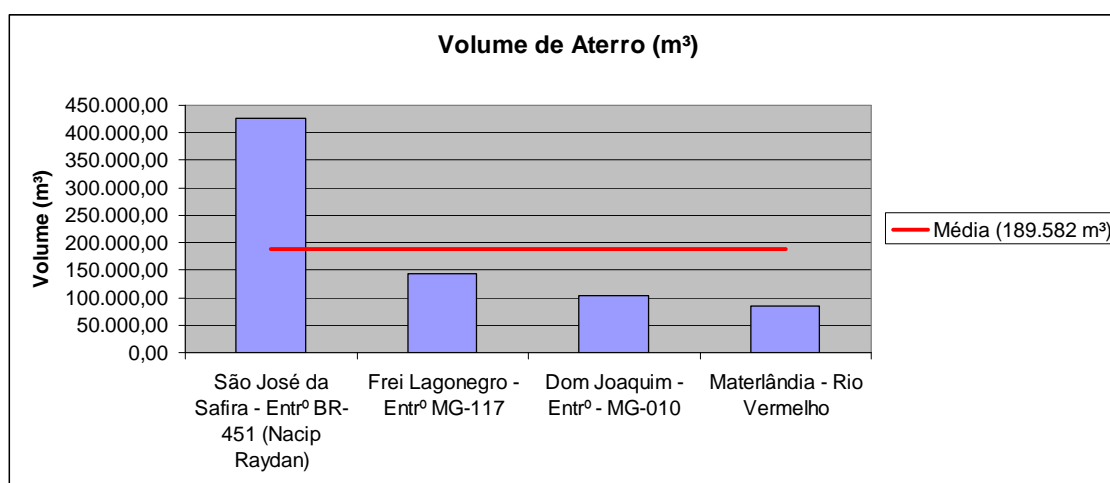
Fonte: Projeto de Engenharia Rodoviária, ENECON, 2007

Os bota-foras devem ser devidamente compactados e localizados, preferencialmente, a jusante da rodovia. Conforme o gráfico acima, observa-se que o trecho com maior volume de bota-fora é o trecho Materlândia – Rio Vermelho, pois o material não precisou ou não serviu para aproveitamento na implantação do corpo estradal.

O trecho Frei Lagonegro – Entroncamento MG-117 apresentou pequeno volume de bota-fora, pois o terreno existente era de boa qualidade e o material escavado foi utilizado em quase sua totalidade para execução de aterros.

Apesar do trecho São José da Safira – Entroncamento BR-451 (Nacip Raydan) apresentar grande volume de corte, o volume de material a ser disposto em bota-fora é considerado pequeno, principalmente porque o projeto foi desenvolvido de forma a aproveitar o máximo de material de corte para execução do corpo estradal.

Gráfico 06 – Volume de aterro por trecho

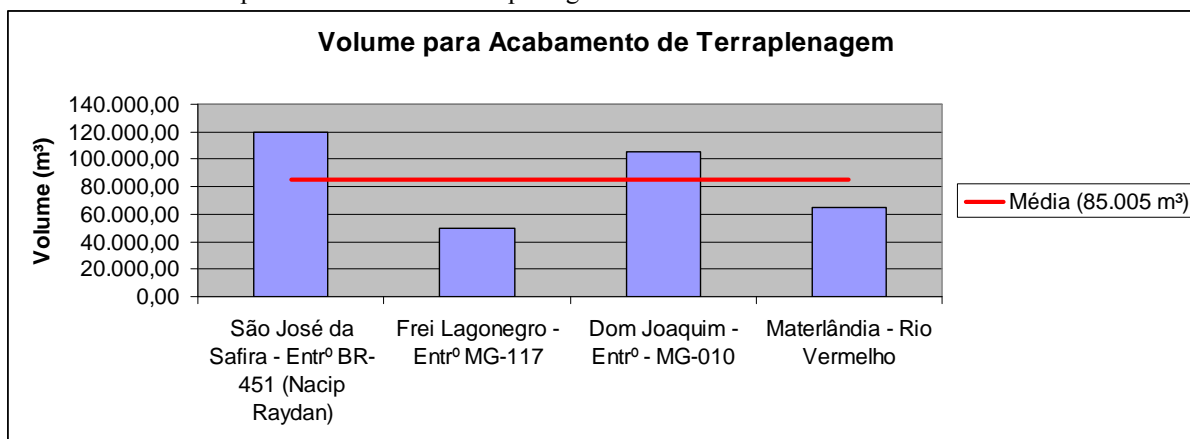


Fonte: Projeto de Engenharia Rodoviária, ENECON, 2007

Devido às características onduladas nos trechos constantes deste estudo visou-se a construção de aterros de maneira a minimizar as rampas e concordâncias, suavizando-as e permitindo um tráfego confortável e seguro.

A média dos volumes de aterros também refletem as características descritas no comentário do gráfico 4. Devido às dificuldades de escavação no trecho rochoso de São José da Safira – Entroncamento BR/451 (Nacip Raydan) utilizou-se neste local maiores volumes de aterro para execução do corpo estradal.

Gráfico 07 – Volume para acabamento de terraplenagem

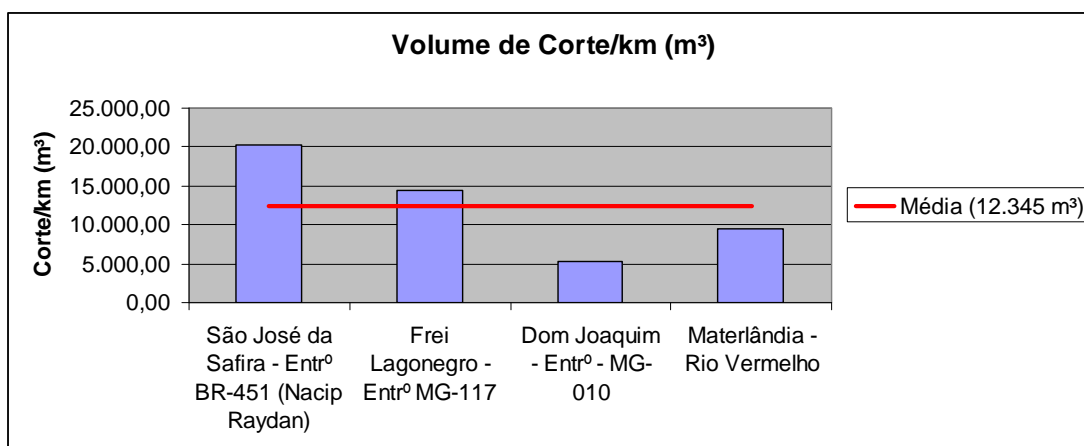


Fonte: Projeto de Engenharia Rodoviária, ENECON, 2007

Pelo mesmo motivo acima e também pela baixa qualidade do material do subleito foi-se necessário reconfigurar o leito estradal com material de empréstimos oriundos da terraplenagem.

A seguir são apresentados através de gráficos os volumes de escavações e volumes de destinos dos materiais realizados em cada quilometro nos trechos considerados.

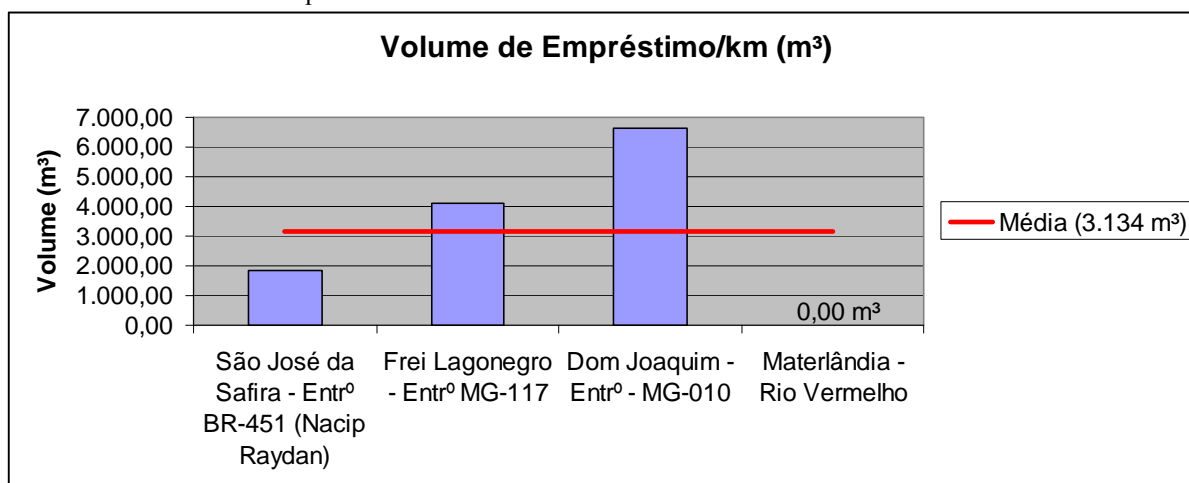
Gráfico 08 – Volume de corte/km nos trechos considerados



Fonte: Projeto de Engenharia Rodoviária, ENECON, 2007

Nos trechos estudados, verifica-se que quando ocorre excesso de material de cortes e sendo que não há possibilidade de incorporá-los ao corpo dos aterros, serão constituídos bota-foras. Verifica-se no gráfico acima que a média de volume de corte realizado por quilometro nos trechos e de 12.345 m³/km, sendo que o trecho São José da Safira – Entroncamento BR-451 (Nacip Raydan) foi o que apresentou maiores escavações de corte e o trecho Dom Joaquim – Entroncamento MG-010 possui o menor volume de corte/km.

Gráfico 09 – Volume de empréstimo/km nos trechos considerados



Fonte: Projeto de Engenharia Rodoviária, ENECON, 2007

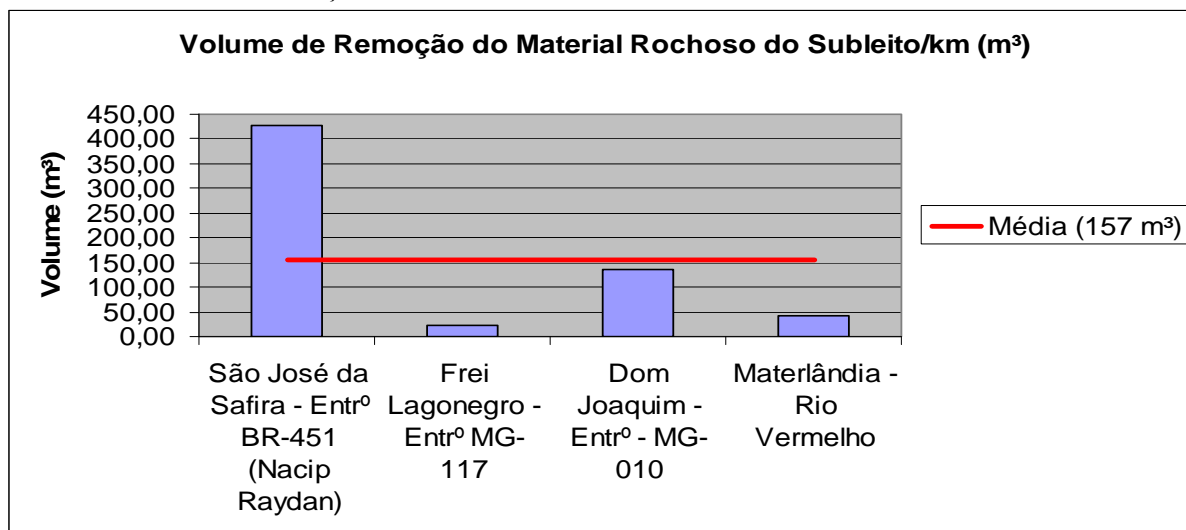
O trecho Dom Joaquim – Entroncamento MG-010 apresenta maior volume de empréstimo a ser explorado em cada quilômetro, principalmente para a substituição de materiais do subleito, o qual deverá ser realizado em grande quantidade neste trecho, pois o subleito na altura do greide de terraplenagem não obteve os limites mínimos de CBR de projeto e

expansão, portanto, será removido e indicada sua reposição pelos empréstimos indicados e posteriormente e realizada sua compactação (FIG. 58).

O trecho Materlândia – Rio Vermelho apresenta como sua principal especificidade em relação à movimentação de terra a ausência de áreas de empréstimo e maior volume de bota-fora entre os trechos estudados. O elevado valor de bota-fora é em consequência de materiais desnecessários ou insuficiente em qualidade presente nos cortes.

Durante a exploração das caixas de empréstimos, haverá a estocagem da camada superficial de solo (camada vegetal) bem como do material que não será utilizado nas camadas do pavimento (solo de baixa qualidade), de maneira que estes “resíduos” sejam reutilizados posteriormente na recuperação e reconstituição dos empréstimos, havendo uma compensação entre o que é explorado e o que é utilizado tanto na execução do corpo estradal quanto na recuperação da área de empréstimo.

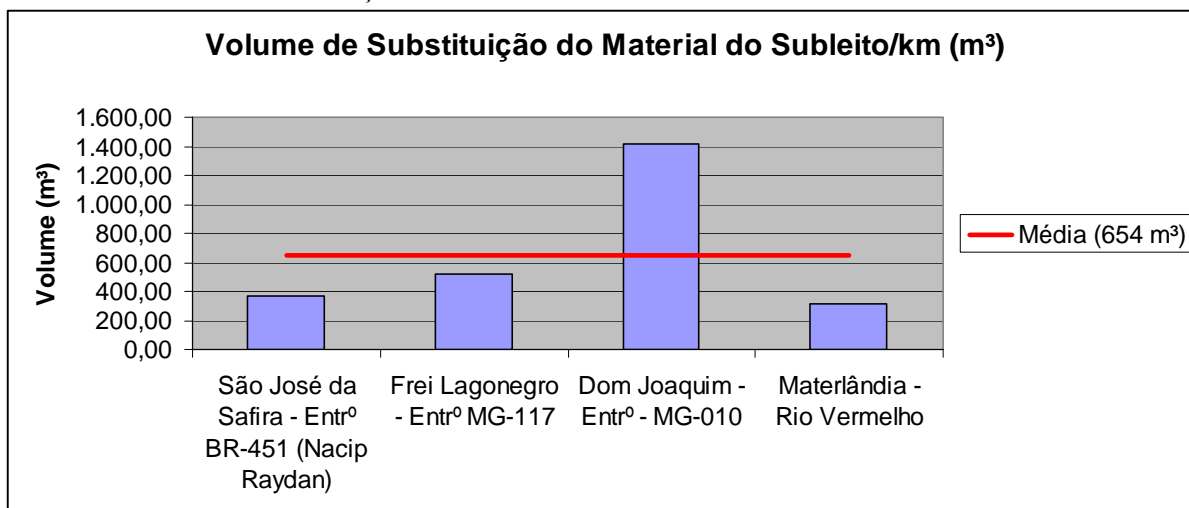
Gráfico 10 – Volume de remoção do material rochoso do subleito/km nos trechos considerados



Fonte: Projeto de Engenharia Rodoviária, ENECON, 2007

Conforme mencionado anteriormente, a rocha presente no subleito tem que ser superposta por material de terraplenagem para permitir drenagem. Portanto, o material rochoso do subleito deve ser retirado e, em seguida, eleva-se o greide e realiza a drenagem da área. A média de remoção do material rochoso do subleito realizada em cada quilômetro nos trechos objeto deste estudo é de 157 m³. O material rochoso é encaminhado aos bota-foras.

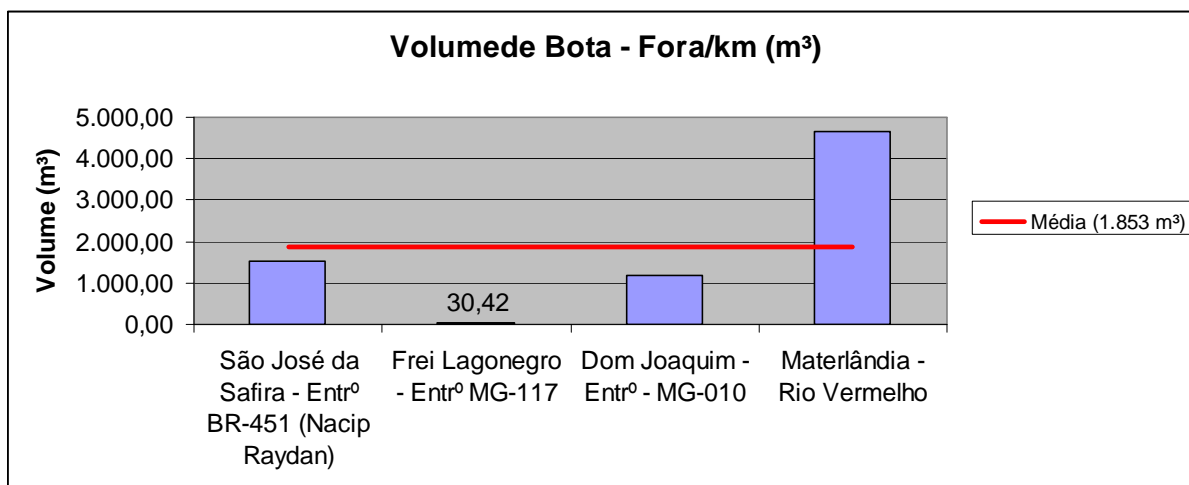
Gráfico 11 – Volume de substituição do material do subleito/km nos trechos considerados



Fonte: Projeto de Engenharia Rodoviária, ENECON, 2007

Após remoção dos materiais impróprios ($ISC < ISC_{proj}$ e/ou $expansão > 2$) presentes no subleito, é indicada a colocação de novos materiais atendendo aos mesmos parâmetros geotécnicos para o acabamento de terraplenagem.

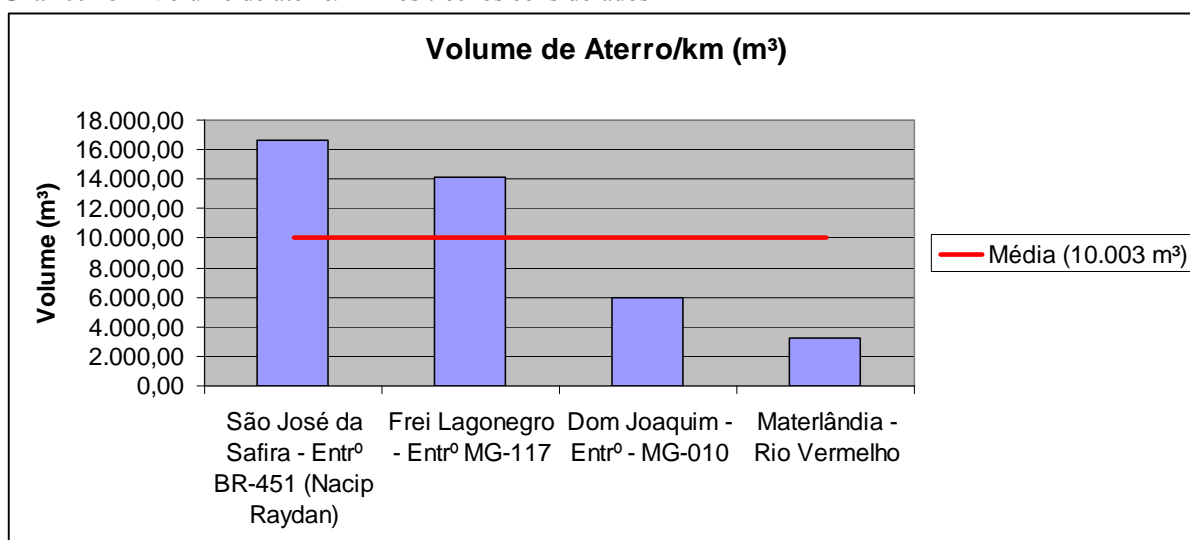
Gráfico 12 – Volume de bota-fora/km nos trechos considerados



Fonte: Projeto de Engenharia Rodoviária, ENECON, 2007

A média do volume de bota-fora explicita a inversalidade do material usado na compensação dos volumes de corte/aterro. No trecho São José da Safira – Entroncamento BR/451 (Nacip Raydan) quase todo material foi utilizado devido às características geológicas do trecho e, em Materlândia – Rio Vermelho, ocorreu o contrário, pois pode-se encaixar melhor o greide devido à facilidade de escavação dos terrenos ali encontrados.

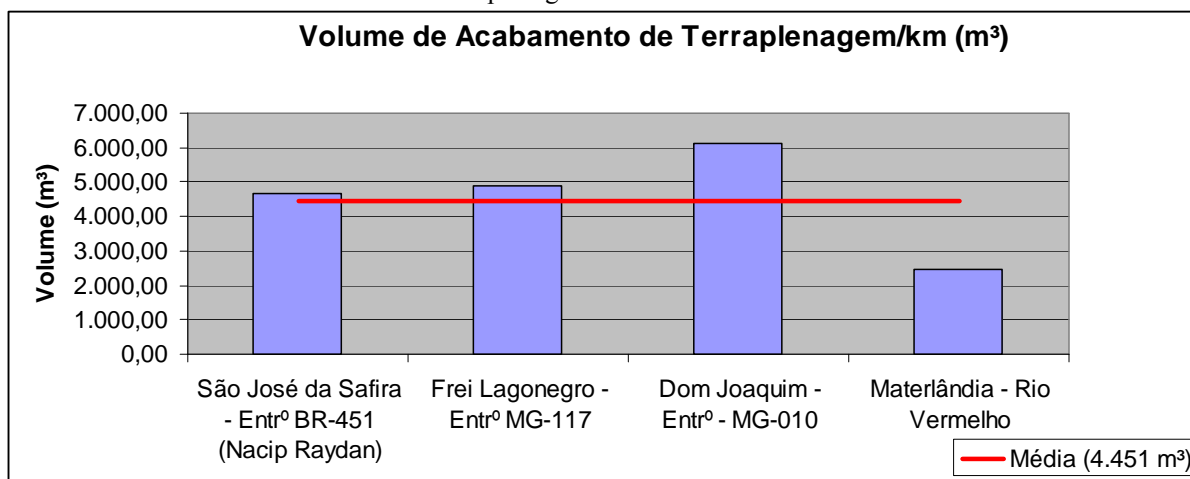
Gráfico 13 – Volume de aterro/km nos trechos considerados



Fonte: Projeto de Engenharia Rodoviária, ENECON, 2007

Na mesma linha de raciocínio, a média do gráfico está coerente com os valores encontrados nas Minas Gerais, onde grande parte dos terrenos possuem características ondulares, os quais para transpor níveis em curvas verticais suaves há necessidade de aterros. Com isso, cria-se um perfil de greide mais harmônico.

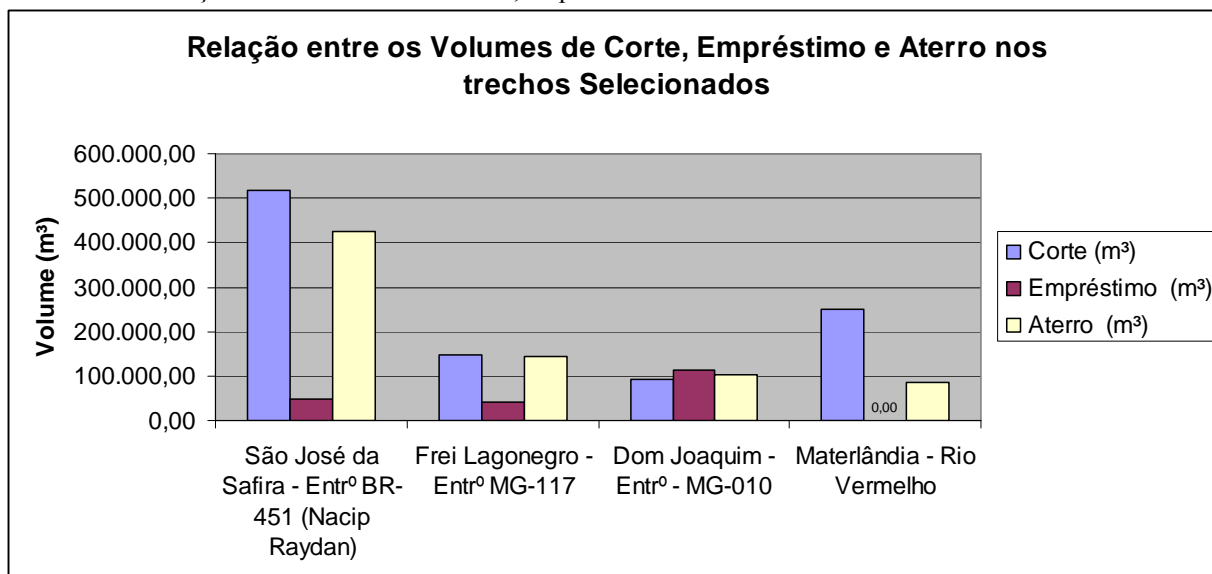
Gráfico 14 – Volume de acabamento de terraplenagem/km nos trechos considerados



Fonte: Projeto de Engenharia Rodoviária, ENECON, 2007

O acabamento de terraplenagem possui volumes/km homogêneos em praticamente todos os trechos. Diferencia-se apenas em trechos onde há base ou então devido à fragilidade do mesmo, usa-se também sub-base, formando a camada de acabamento mais espessa.

Gráfico 15 – Relação entre os volumes de corte, empréstimo e aterro nos trechos selecionados



Fonte: Projeto de Engenharia Rodoviária, ENECON, 2007

Conforme destaca o gráfico 15, o trecho Dom Joaquim – Entroncamento MG-010 possui uma uniformidade entre os volumes de corte, empréstimo e aterro, com valores próximos a 100.000 m³. As intervenções que envolvem a movimentação de terra neste trecho consistem na escavação média de 13.318 m³/km, tendo como destino a sua maior parte o acabamento da terraplenagem (105.546 m³), que é o local onde se utilizou o material escavado. Além do acabamento da terraplenagem, verifica-se que será realizado uma grande quantidade de aterros, pois as características do trecho, tais como elevação de greide, facilitando a drenagem, suavização de rampas implicaram na execução de 103.449 m³ de corpo de aterro. Isto também garantiu maior estabilidade à plataforma, em conformidade com a largura proposta.

Dentre os trechos estudados, o trecho Dom Joaquim – Entroncamento MG-010 apresenta melhor distribuição de material utilizado, o que resultou no equilíbrio corte/aterro.

Após a decapagem (remoção da camada de terra vegetal e desmatamento) (FIG. 65,66 e 67) são realizados os trabalhos de escavação e aterro. Sempre que os solos provenientes da escavação tenham boas características, são utilizados diretamente no preenchimento das deficiências existentes na mesma seção, operação esta que se denomina compensação transversal de volumes.

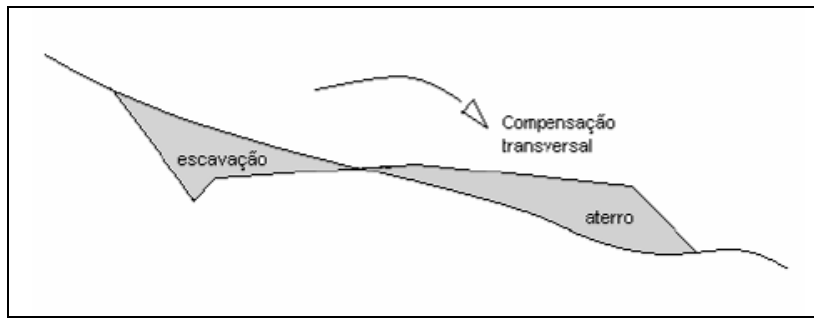


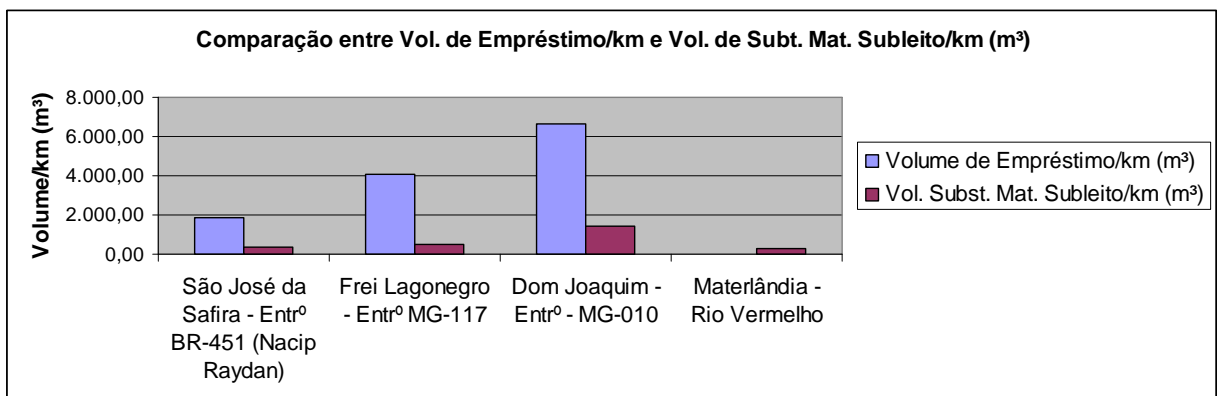
Figura 49 – Compensação transversal de volumes
Fonte: ODA, 2009

Como, dificilmente o volume escavado é igual ao volume de aterro em determinada seção, é necessário que haja a movimentação de terras ao longo da diretriz da estrada. Este movimento de terras é denominado por compensação longitudinal de volumes.



Figura 50 - Compensação longitudinal de volumes
Fonte: ODA, 2009

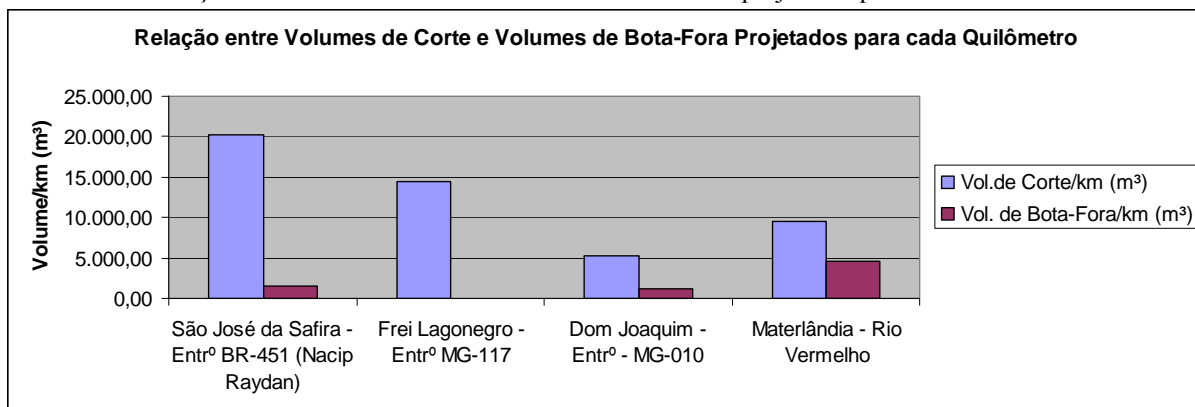
Gráfico 16 – Comparação entre os volumes de empréstimo/km e volume de substituição do material do subleito/km



Fonte: Projeto de Engenharia Rodoviária, ENECON, 2007

Onde o subleito é firme gastou-se menos volume de empréstimo para o material do subleito. Ao contrário ocorreu onde o terreno é frágil e sujeito a recalques.

Gráfico 17 – Relação entre volumes de corte e volumes de bota-fora projetados para cada km



Fonte: Projeto de Engenharia Rodoviária, ENECON, 2007

Verifica-se nos trechos estudados uma escavação média de 16.235 m³/km. Os impactos referentes a essa movimentação de terra são principalmente refletidos aos meios físico e biótico, provocando erosões e assoreamentos, poluição do ar, alteração da estrutura original do solo, com conseqüente perda da biodiversidade local da fauna encontrada no solo.

6 – CONCLUSÃO

A metodologia utilizada para realização deste estudo de movimentação de terra em obras rodoviárias foi satisfatória para conclusão do trabalho, sendo que cada etapa da mesma possibilitou a interpretação dos dados coletados de forma clara e objetiva. A leitura e interpretação dos quantitativos presentes no quadro resumo de terraplenagem através de gráficos facilitou o entendimento da origem e destino dos materiais (movimentação de terra) dos quatro trechos selecionados (São José da Safira – Entroncamento BR-451, Frei Lagonegro – Entroncamento MG-117, Dom Joaquim – Entroncamento MG-010 e Materlândia – Rio Vermelho). Portanto, em decorrência do tipo de metodologia aplicada, pode-se concluir que o objetivo do trabalho foi alcançado.

Em relação aos resultados obtidos, pode-se concluir que a escolha dos trechos com as características apresentadas foi determinante, principalmente porque o projeto dos mesmos utilizou-se um greide respeitando os caminhos (traçados) já existentes, o que minimizou os impactos ambientais e poupou recursos financeiros e desapropriações.

Verifica-se que os resultados obtidos estão condizentes com a realidade de cada trecho, pois volumes de corte elevados caracterizam topografia ondulada, altos índices de empréstimo caracterizam maior necessidade de substituição do material presente no subleito, pequeno volume de bota-fora indica que a região possui argila de boa qualidade, implicando em escavações que serão utilizadas em quase sua totalidade para execução de aterros, etc.

Conclui-se que as obras de terraplenagem devem ser feitas de acordo com as especificações técnicas, manuais e normas ambientais dos órgãos competentes, pois esta fase das obras é a que provoca maiores impactos ao meio ambiente.

7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA GOIANA DE TRANSPORTES E OBRAS PÚBLICAS (AGETOP, 2007). Manual de Normas e Procedimentos Ambientais para empreendimentos rodoviários. Disponível em <www.agetop.go.gov.br> Acesso em: 09 de janeiro de 2009.

ALBANO, J.F. Ensino de projeto rodoviário na Escola de Engenharia da UFRGS. Florianópolis, 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. Manual Rodoviário de Conservação, Monitoramento e Controle Ambientais. Rio de Janeiro, 2005.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DO PARANÁ – DER/PR. Terraplenagem: Cortes. Disponível em: <http://www.der.pr.gov.br/arquivos/File/PDF/pdf_Terraplenagem/ES-T02-05Cortes.pdf> Acesso em: 10 de setembro de 2008.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DA BAHIA – DERBA. Terraplenagem: Cortes. Disponível em: < <http://www.derba.ba.gov.br/especific/03CORTES-T-03.htm>> Acesso em: 10 de setembro de 2008.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Manual de Procedimentos Ambientais, 2008.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SANTA CATARINA. Instrução de Serviço - Projeto de terraplenagem. 1998. 6p.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. Instrução de Projeto - Projeto de Terraplenagem (2006). <ftp://ftp.sp.gov.br/ftpder/normas/IP-DE-Q00-001_A.pdf> Acesso em: 10 de dezembro de 2008.

MANUAL DE CONSERVAÇÃO RODOVIÁRIA (DNIT – 2005). Disponível em: <http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/Manual%20de%20Conservacao%20Rodoviaria.pdf> Acesso em: 22 de abril de 2009.

ODA, Sandra. Universidade Estadual de Maringá. Departamento de Engenharia Civil. Terraplenagem. Disponível em: < http://www.dec.uem.br/docentes/soda/proj8A_tpg.pdf>. Acesso em: 22 de janeiro de 2009.

PACHECO. Construção de Estradas I. Disponível em: < <http://www.ce1.ufjf.br/01-05.html> > Acesso em: 19 de outubro de 2008.

PRATA, B; JÚNIOR, E; BARROSO, G. Modelagem de Sistemas de Terraplenagem: uma Aplicação das Redes de Petri, 2005, Guarapari/ES. Disponível em: <<http://paginas.fe.up.pt/~deg07002/Artigos%202005/CILAMCE2005.pdf>> Acesso em: 15 de março de 2009.

PROJETO RODOVIÁRIO ENECON S/A – Engenheiros e Economistas Consultores - Projeto de Engenharia Rodoviária de Melhoria e Pavimentação do trecho São José da Safira – Entroncamento BR-451 (Nacip Raydan). Belo Horizonte, 2007.

PROJETO RODOVIÁRIO ENECON S/A – Engenheiros e Economistas Consultores - Projeto de Engenharia Rodoviária de Melhoria e Pavimentação do trecho Frei Lagonegro – Entroncamento MG-117. Belo Horizonte, 2007.

PROJETO RODOVIÁRIO ENECON S/A – Engenheiros e Economistas Consultores - Projeto de Engenharia Rodoviária de Melhoria e Pavimentação do trecho Dom Joaquim – Entroncamento MG-010. Belo Horizonte, 2007.

PROJETO RODOVIÁRIO ENECON S/A – Engenheiros e Economistas Consultores - Projeto de Engenharia Rodoviária de Melhoria e Pavimentação do trecho Materlândia – Rio Vermelho. Belo Horizonte, 2007.

RICARDO, H.S., & CATALANI, G. (1990), Manual Prático de Escavação – Terraplanagem e Escavação de Rocha, Editora Pini, São Paulo, SP.

SILVA, J. Recuperação Ambiental de Rodovias no Centro Oeste Brasileiro, Disponível em: <http://www.espacodasophia.com.br/colunistas/joao_paulo_souza_silva_recuperacao_ambiental_de_rodovias_no_centro_oeste_brasileiro.pdf> Acesso em 20 de janeiro de /2009.

SILVA, João Paulo Souza. Recuperação Ambiental de Rodovias no Centro Oeste Brasileiro. Revista Espaço da Sophia. Brasília, Março/2008.

8 – ANEXOS

8.1 – Relatório Fotográfico



Figura 51 – Escavação na plataforma
Fonte: CARDOSO, 2007



Figura 52 – Acabamento de terraplenagem
Fonte: CARDOSO, 2007



Figura 53 – Motoniveladora
Fonte: CARDOSO, 2007



Figura 54 – Talude de corte em execução
Fonte: CARDOSO, 2007



Figura 55 – Material de empréstimo estocado
Fonte: CARDOSO, 2007



Figura 56 – Talude de aterro sem vegetação
Fonte: CARDOSO, 2007



Figura 57 – Intervenção em APP
Fonte: CARDOSO, 2007



Figura 58 – Plataforma em fase de compactação
Fonte: CARDOSO, 2007



Figura 59 – Escavação em corte
Fonte: CARDOSO, 2007



Figura 60 – Empréstimo de argila
Fonte: CARDOSO, 2007



Figura 61 – Aspersão de água na pista
Fonte: CARDOSO, 2007



Figura 62 – Paliçada para contenção de voçoroca
Fonte: CARDOSO, 2009



Figura 63 – Remoção de camada vegetal
Fonte: CARDOSO, 2009



Figura 64 – Caminho de serviço
Fonte: ENECON, 2007



Figura 65 – Remoção de camada vegetal
Fonte: CARDOSO, 2009



Figura 66 – Limpeza do terreno
Fonte: CARDOSO, 2009



Figura 67 – Limpeza do terreno
Fonte: CARDOSO, 2009



Figura 68 – Serviço de Revegetação
Fonte: CARDOSO, 2009

8.2 - Glossário

Acabamento da Superfície: Procedimento para obter a condição definida no projeto. Resultado de operação de tratamento final de superfície.

Alargamento: Aumento de uma seção transversal.

Apiloamento: Compactação de material manual ou mecanicamente.

Aterro: Maciço de solo formado em conformidade com projeto, a montante de obras de contenção. Depósito artificial de quaisquer materiais terrosos ou de entulhos, em geral resultante de obra e construída em baixios.

Aterros: Segmentos da 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.

Base estabilizada: Base de solo natural tratado granulometricamente ou por aditivos, de modo a oferecer maior resistência à desagregação e maior capacidade de suporte.

Base: Camada destinada a resistir aos esforços verticais oriundos dos veículos, distribuindo-os ao subleito, e sobre a qual se constrói o revestimento. Esta camada pode ser constituída de brita fina, cascalho, pedra amarrada, material estabilizado, concreto asfáltico, etc.

Berma: Obra de terra realizada lateralmente nos aterros assentes sobre terrenos de baixa capacidade de suporte, destinada a manter o equilíbrio destes, impedindo refluxo de solo subjacente.

Bota-dentro: Parte da terra que, no terrapleno, é aproveitada como aterro, dispensando grandes distâncias de transporte.

Camada (pavimento): Parte homogênea da estrutura pavimentada da rodovia, constituída por materiais dispostos em espessuras uniformes.

Conformação: É uma operação que compreende cortes ou aterros de até 0,40 m de espessura, objetivando direcionar adequadamente o escoamento das águas e regularizar a superfície para posterior reposição de camada vegetal.

Corpo de Aterro: Parte do aterro situado entre o terreno natural até 0,60 m abaixo da cota correspondente ao greide da terraplenagem.

Eixo da Rodovia: É a direção da implantação da rodovia, ponto a ponto, constituído por: a) Trecho em tangente: segmentos em linha reta entre duas curvas. b) Curva de transição: para sua locação é feita uma concordância na entrada da curva em forma elicoidal e circular, cujo raio depende da classe da rodovia, a fim de possibilitar a mudança de direção gradual do veículo.

Empréstimos: áreas indicadas no projeto, ou, selecionadas, onde serão escavados materiais a utilizar na execução da plataforma da rodovia, nos segmentos em aterro.

Ensaio CBR (California Bearing Ratio): Ensaio de suporte dos solos muito utilizado dada a simplicidade do equipamento necessário e a facilidade de execução apesar do empirismo metodológico.

Ensaio de suporte de solos: Ensaio para determinação de parâmetros relacionados com a capacidade de suporte sob a ação de carga dos veículos, quando os solos ensaiados integram aterros, subleitos, sub-base, base e reforço de pavimentos.

Envelopar: É uma técnica no qual a face da massa do solo reforçado é executada dobrando-se o reforço sobre a camada a ser compactada.

Escarificação: Redução da resistência, por meio de escarificador, do material de uma pista, base ou subleito.

Estaca: Marco que se crava no terreno, em trabalhos topográficos para assinalar temporariamente um ponto da superfície. Distância horizontal de 20 m, ao longo do eixo, que é o intervalo entre duas estacas topográficas designadas por números inteiros.

Estudos Geotécnicos: Estudo para a obtenção das características geotécnicas dos solos, subleito e das jazidas, para emprego como camada de reforço do subleito, sub-bases e bases.

Expurgo: É o material que não será aproveitado na jazida.

Faixa de domínio: Base física sobre a qual assenta uma rodovia, constituída pelas pistas de rolamento, canteiros, obras de arte, acostamentos, sinalização e faixa lateral de segurança, até o alinhamento das cercas que separam a estrada dos imóveis marginais ou da faixa do recuo.

Fator de empolamento: Aumento percentual de volume de um solo escavado em relação ao seu volume inicial ou em natura.

Greide: Perfil do eixo de uma estrada complementado com a inscrição de todos os elementos que o define.

Índice de Suporte Califórnia (ISC): Relação, em percentagem, entre a pressão obtida na penetração de um pistão padronizado, à velocidade de 0,05 pol/min, em um corpo-de-prova de solo preparado de modo padronizado e uma pressão tomada como padrão. As pressões padrões foram obtidas, ensaiando uma brita graduada de alta qualidade, considerada como material referência. A pressão geralmente tomada para o cálculo do ISC é a correspondente a 0,1 pol de penetração, mas em alguns casos são usadas outras penetrações.

Melhoramento: Conjunto de operações que acrescentam às rodovias existentes características novas, ou modificam as características existentes.

Proctor: Instrumental destinado a ensaio de compactação dos solos.

Recapeamento: Revestimento executado sobre outro já existente, com a finalidade de reforçá-lo ou restaurá-lo.

Reforço do Subleito: É uma camada com material superior em termos de resistência, comparando-se ao material encontrado no subleito, com a finalidade de adequar o subleito ao recebimento das camadas superiores. Utilizado quando o subleito for de má qualidade ou quando o tráfego for muito pesado.

Regularização: operação destinada a conformar o leito estradal, quando necessário, transversal e longitudinalmente, compreendendo cortes ou aterros até 20 cm de espessura e de acordo com os perfis transversais e longitudinais indicados no projeto.

Retroescavadeira: Escavadora de colher, com caçamba invertida, que trabalha o terreno de cima para baixo permitindo escavações em cotas inferiores à do plano onde se acha assentada.

Revestimento: É a camada tanto quanto possível impermeável, que recebe diretamente a ação do rolamento dos veículos e destinada a melhorá-la, quanto à comodidade e segurança e a resistir ao desgaste.

Revestimento primário: Camada de solo selecionado de boa qualidade, estabilizado, superposta ao leito natural de uma rodovia, para permitir uma superfície de rolamento com características superiores às do solo natural, garantindo melhores condições de trânsito.

Solo laterítico: Solo típico das regiões tropicais quentes e úmidas e cuja fração argilosa tem uma relação molecular $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ menor ou igual a 2, e apresenta baixa expansibilidade.

Solos expansivos saturados: Solos coesivos que aumentam de volume quando umedecidos e se contraem quando ressecam.

Solos expansivos SE: Solos coesivos que aumentam de volume quando umedecidos e se contraem quando ressecam.

Solos moles: Solos de baixa consistência, altamente deformáveis, em geral com alto teor de umidade e constituído de argila ou matéria orgânica. Obs.: Os solos moles, em geral, são removidos (com dragline, retroescavadeira) e substituídos por material inerte, antes da realização do leito estradal.

Sub-base: É a camada complementar à base, quando por circunstâncias técnico-econômicas não for aconselhável construir a base sobre a regularização.

Subleito: Maciço teoricamente infinito que serve de fundação para um pavimento.

Terraplenagem ou Regularização do Subleito: É a camada de espessura irregular, construída sobre o subleito com a finalidade de dar conformidade transversal ao projeto a ser executado.

Tratamento Superficial Duplo (TSD): São os revestimentos betuminosos obtidos por penetração invertida, com aplicação de material betuminoso seguida de espalhamento e compressão de agregado de granulometria apropriada.

Tratamento superficial: Revestimento constituído pela aplicação do material betuminoso, sobre a base, seguida de cobertura de agregado, podendo esta operação ser repetida 2 ou 3 vezes, formando 1, 2 ou 3 camadas.