

ESTRADAS VICINAIS DE TERRA

MANUAL TÉCNICO PARA
CONSERVAÇÃO E RECUPERAÇÃO



ALVARO RODRIGUES DOS SANTOS
ERALDO LUPORINI PASTORE
FERNANDO AUGUSTO JUNIOR
MARCIO ANGELIERI CUNHA

ESTRADAS VICINAIS DE TERRA

MANUAL TÉCNICO PARA
CONSERVAÇÃO E RECUPERAÇÃO

3º Edição
Revista e Ampliada

ipt³
INSTITUTO DE
PESQUISAS
TECNOLÓGICAS

ABGE
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA
DE ENGENHARIA E AMBIENTAL

São Paulo, 2019

2019 Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental – ABGE

Av. Professor Almeida Prado, 532 – Prédio 36 – Cidade Universitária

São Paulo – SP – CEP 05508-901

Impresso no Brasil

Autores

Alvaro Rodrigues dos Santos

Eraldo Luporini Pastore

Fernando Augusto Junior

Marcio Angelieri Cunha

Ilustração

Luiz Antonio Ribeiro

Diagramação e capa

Rita Motta - Editora Tribo da Ilha

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Estradas vicinais de terra : manual técnico para conservação e recuperação / Alvaro Rodrigues dos Santos ... [et al.]. -- 3. ed. rev. -- São Paulo : ABGE - Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental : IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2019.

Demais autores: Eraldo Luporini Pastore, Fernando Augusto Junior, Marcio Angelieri Cunha.

Bibliografia.

ISBN 978-85-7270-078-8 (ABGE)

1. Estradas - São Paulo (Estado) - Manutenção e reparos 2. Estradas rurais - Conservação 3. Geociências 4. Geologia de engenharia I. Santos, Alvaro Rodrigues dos. II. Pastore, Eraldo Luporini. III. Augusto Junior, Fernando. IV. Cunha, Marcio Angelieri.

19-31466

CDD-625.7

Índices para catálogo sistemático:

1. Estradas vicinais de terra : Conservação e recuperação : Engenharia 625.7

Maria Paula C. Riyuzo - Bibliotecária - CRB-8/7639



DIRETORIA ABGE GESTÃO 2014/2015

Presidente: Adalberto Aurélio Azevedo
Vice Presidente: Delfino Luiz Gouveia Gambetti
Diretora Secretária: Alessandra Cristina Corsi
Diretor Secretário Adjunto: Fabricio Araujo Mirandola
Diretor Financeiro: José Luiz Albuquerque Filho
Diretor Financeiro Adjunto: Marcelo Denser
Diretor de Eventos: Kátia Canil
Diretor de Eventos Adjunto: Fernando F. Kertzman
Diretor de Comunicação: Luiz Antonio Pereira de Souza
Diretor de Publicação: Eduardo Soares de Macedo
Diretor de Publicação Adjunto: Cássio Roberto da Silva

CONSELHO DELIBERATIVO

Adalberto Aurélio Azevedo, Alessandra Cristina Corsi, Cassio Roberto da Silva, Delfino Luiz Gouveia Gambetti, Eduardo Soares de Macedo, Emilio Velloso Barroso, Fabrício Araújo Mirandola, Fernando Facciolla Kertzman, José Luiz Albuquerque Filho, Kátia Canil, Luiz Antonio Pereira de Souza e Marcelo Denser Monteiro.
Suplentes: Andrea Bartorelli, Daniela Girio Marchiori Faria, Eraldo Luporini Pastore, Flávio Almeida da Silva, Gláucia Cuchierato, Ivan José Delatim.

NÚCLEO RIO DE JANEIRO

Presidente: Aline Freitas da Silva
Vice-Presidente: Marcela Carvalho Lages da Silva
Diretora Secretária: Ingrid Ferreira Lima
Diretora Financeira: Rúbia Nascimento de Azevedo
Diretora de Eventos: Joana de Oliveira Ramalho

CONSELHO DELIBERATIVO

Aline Freitas Silva, David Rocha. Fábio Silva, Fernando David, Hugo Tavares, Ingrid Ferreira Lima, Joana de Oliveira Ramalho, Maísa Pamplona, Marcela Lages, Monique Lizier, Rafael Correa, Rúbia de Azevedo e Victor Seixas.

NÚCLEO MINAS GERAIS

Presidente: Luis de Almeida Prado Bacellar
Vice- Presidente: Lucas Mucio Souza Lima Murta
Conselho Deliberativo: Carla TAMILIS Fonseca Chaves, Evandro Moraes da Gama, Lucas Mucio Souza Lima Murta, Luis de Almeida Prado Bacellar, Maria Giovana Parizzi, Oscar de Mattos Junior, Sérgio de Lima Delgado Delgado.

NÚCLEO SUL

Presidente: Andrea V. Nummer
Vice-Presidente: Alberto Pio Fiori
Vice-Presidente: Candido Bordeaux Rego Neto
Diretor Financeiro: Cezar Augusto Burkner Bastos
Diretora Secretária: Malva Andrea Mancuso
Diretor Eventos: Rodrigo Martins Saraiva
Diretor de Publicações: Clóvis Gonzatti

Secretaria Executiva

Gerente Executivo: Renivaldo Campos



DIRETORIA ABGE GESTÃO 2019/2020

Presidente: Delfino Luiz Gouveia Gambetti

Vice Presidente: Fernando Facciolla Kertzman

Diretora Secretária: Marcela Penha Pereira Guimaraes

Diretor Financeiro: Silvia Maria Kitahara

Diretor de Eventos: Renivaldo T. Campos

Diretor de Comunicação: Maria Heloisa B. Oliveira Frasca

Conselho Deliberativo da ABGE: Claudio Luiz Ridente Gomes, Delfino Luiz Gouveia Gambetti, Fabio Augusto Gomes Vieira Reis, Fernando Facciolla Kertzman, Francisco Nogueira de Jorge, Iramir Barba Pacheco, Ivan Jose Delatim, Jacinto Costanzo Junior, Joao Paulo Monticelli, Julio Yasbek Reia, Marcela Penha Pereira Guimaraes, Marcelo Denser Monteiro, Maria Heloisa B. Oliveira Frasca, Otávio Coaracy Brasil Gandolfo, Paula Sayuri Tanabe Nishijima, Raquel Alfieri Galera, Renata Augusta Rocha N. de Oliveira, Renivaldo T. Campos, Ricardo Antonio Abrahão, Ricardo Vedovello e Silvia Maria Kitahara.

NÚCLEO RIO DE JANEIRO

Conselho Deliberativo: Marcela Tuler Castelo Branco, Marcelo de Queiroz Jorge, Marcio Fernandes Leão, Nelson Meirim Coutinho, Rafael Silva Ribeiro, Raquel Batista Medeiros da Fonseca, Thiago Dutra dos Santos e Victor Augusto Hilquias Silva Alves.

NÚCLEO MINAS GERAIS

Conselho Deliberativo: Alberto Ferreira do Amaral Junior, Angelo Almeida Zenobio, Ellen Delgado Fernandes, Fabio Soares Magalhães, Inácio de Carvalho, Luis de Almeida P. Bacellar, Maria Giovana Parizzi, Thiago Marques Baptista Teixeira e Yan Lucas de Oliveira P. dos Santos

NÚCLEO SUL

Conselho Deliberativo: Andrea Valli Nummer, Cezar Augusto Burkert Bastos, Débora Lamberty, Erik Wunder, Hermam Vargas Silva, Malva A. Mancuso e Murilo da Silva Espíndola.

NÚCLEO CENTRO OESTE

Conselho Deliberativo: Bruno Diniz de Mello Moreira, Gabriel do Nascimento Ribeiro, Getúlio Ezequiel da C. Peixoto Filho, Joao Luiz Armelin, Kurt João Albrecht, Patricia de Araujo Romão, Ricardo Moreira Vilhena e Rodrigo Luiz Gallo Fernandes.

NÚCLEO NORTE

Conselho Deliberativo: Claudio Fabian Szlafsztain, Dianne Danielle Farias Fonseca, Elton Rodrigo Andretta, Iris Celeste Nascimento Bandeira, Luciana de Jesus P. P. Miyagawa, Milena Marília Nogueira de Andrade e Sheila Gatinho Teixeira.

ABGE Central

Gerente Executiva: Luciana Marques

Av. Prof. Almeida Prado, 532 | Prédio 36 | Cidade Universitária | São Paulo – SP

Fones: (11) 3767-4361 | (11) 3719-0661

E-mail: abge@abge.org.br | Site: abge.org.br

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	9
A ABGE E OS MUNICÍPIOS	13
NOÇÕES BÁSICAS SOBRE MATERIAIS NATURAIS E RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO	15
Argila.....	17
Areia.....	19
Saibro.....	21
Cascalhos e pedregulhos	23
Piçarras (Rocha alterada)	25
Laterita, canga laterítica, pedra ferro, pedra canga	27
Resíduo da construção civil	29
Material de fresagem de revestimento asfáltico	31
Mapa de localização de jazidas.....	33
ESTRADAS DE TERRA - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS ESSENCIAIS	35
Capacidade de suporte	37
Condições de rolamento e aderência	39
Duas regras básicas	41
OS DIFERENTES TIPOS DE PAVIMENTO NAS ESTRADAS DE TERRA	45
Tratamento primário	45
<i>Revestimento primário</i>	47
<i>Agulhamento</i>	59
<i>Mistura de areia e argila</i>	65

Reforço do subleito	73
Algumas soluções especiais que poderão ser adotadas em trechos críticos de uma estrada de terra.....	79
<i>Peças pré-moldadas de concreto</i>	81
<i>Solo-cimento e solo-cal</i>	91
PROBLEMAS MAIS COMUNS EM UMA ESTRADA DE TERRA: CAUSAS E SOLUÇÕES	93
Ondulações, rodeiros e atoleiros	97
Areões de espigão	103
Areões de baixada	105
Excesso de pó	107
Rocha aflorante	109
Pista molhada derrapante	113
Pista seca derrapante	115
Costelas de vaca	117
Segregação lateral	119
Buracos	121
Processos erosivos	125
<i>Erosão em ravina</i>	129
ESTRADAS VICINAIS DE TERRA EM REGIÕES MONTANHOSAS	151
Cortes.....	155
Aterros a meia encosta e seção mista	157
Transposição de grotas e drenagens naturais	159
MAQUINÁRIO OU TRABALHO MANUAL?	161
AS ESTRADAS VICINAIS DE TERRA E A QUESTÃO AMBIENTAL	167
REFERÊNCIAS.....	169

APRESENTAÇÃO

A rede brasileira de estradas de rodagem alcança um total de aproximadamente 1,8 milhões de quilômetros, dos quais cerca de 1,4 milhões (77% do total) correspondem a estradas vicinais e rurais de terra.

No Estado de São Paulo, a rede rodoviária total atinge cerca de 200 mil quilômetros, dos quais cerca de apenas 32 mil correspondem a rodovias pavimentadas, ou seja, menos de 16% do total.

Desses números depreende-se de forma clara e inequívoca a ainda enorme importância da rede rodoviária de estradas de terra para a economia nacional e as economias estaduais e municipais. Grande parte de nossa produção agrícola e agroindustrial é ainda transportada, especialmente nos trechos iniciais de suas rotas, por estradas de terra. Como também, na zona rural milhões de pessoas utilizam-se diariamente dessas estradas nas suas locomoções para o trabalho, para escolas, para atendimentos de saúde, para vender e comprar mercadorias, enfim para todos os tipos de atividades humanas que exigem algum deslocamento.

Diante dessa importância social e econômica para o país e seus cidadãos, choca o fato dessa extensa rede rodoviária encontrar-se, há já algumas décadas, extremamente carente de serviços mais sistemáticos e qualificados de melhoria e manutenção; do que decorrem suas péssimas condições de tráfego.

Necessário ter em conta, de início, que frente à extensão da rede não faz sentido pensarmos na pavimentação como solução para esse tipo de rodovia, dados os astronômicos custos que para tanto seriam necessários, ou seja, o desafio para a recuperação dessas vias está inteiramente associado a uma correta operação técnica e logística de permanentes serviços de conservação especificamente orientados para estradas de terra.

Como apoio a programas que pretendessem considerar essa abordagem, uma equipe técnica do IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo produziu em 1985, com reedição em 1988, o **MANUAL TÉCNICO PARA CONSERVAÇÃO E RECUPERAÇÃO DE ESTRADAS VICINAIS DE TERRA**. A elaboração desse Manual implicou em um intenso trabalho de campo de resgate de técnicas já abandonadas e de desenvolvimento de novas técnicas mais compatíveis com as condições atuais de tráfego e com os equipamentos atualmente disponíveis. Teve também esse Manual o cuidado de, em linguagem simples, trazer uma série de informações técnicas para seu leitor e usuário, de tal forma que conhecendo o comportamento e características geotécnicas dos diferentes materiais naturais (argila, silte, areias, cascalhos, piçarras...) e dos diferentes tipos de tratamentos primários que pode se dar à pista de rolamento (revestimento primário, agulhamento, mistura areia-argila, reforço do sub-leito...), ele próprio pudesse ter a capacidade de criar boas soluções frente às características próprias de sua região de trabalho, uma vez que os problemas que uma estrada de terra pode apresentar vão sempre refletir as características geológicas, geomorfológicas (topográficas), pedológicas (solos) e climáticas da região em que está inserida.

Uma outra grande vantagem do Manual é que orienta o leitor a chegar à solução mais adequada a partir da análise do próprio problema que a estrada apresenta. Ou seja, perceber que o problema traduz

um sintoma que sugere causas muito bem determinadas, o que certamente facilitará em muito a orientação técnica para sua correção.

As duas edições do Manual esgotaram-se completamente, o que mostrou a enorme receptividade para uma obra desse teor, fato que levou a ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, com autorização do IPT, decidir por essa 3ª edição, revista e atualizada pela mesma equipe técnica que elaborou sua versão original.

Os autores

A ABGE E OS MUNICÍPIOS

A ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental iniciou sua atuação na década de 60 contemplando a geologia aplicada à engenharia de obras de infraestrutura, como estradas, túneis, canais, barragens, portos e ferrovias.

Ao final da década de 70 passou a incorporar as ações de uso e ocupação do solo e a problemática ambiental, principalmente em estudos, prevenção e controle de processos erosivos, na elaboração e uso de cartas geotécnicas e de riscos de escorregamentos e o diagnóstico e gestão de áreas de risco. Ao mesmo tempo iniciaram-se as demandas por estudos multidisciplinares para o licenciamento e a gestão ambiental de empreendimentos e de obras das mais diversas categorias, que se consolidaria como mais uma grande área de atuação da ABGE nos anos seguintes.

Já na década de 80 a atuação da ABGE em gestão ambiental passou a abranger tratamento e destinação final de resíduos sólidos, gestão de recursos hídricos superficiais e subterrâneos, planejamento do uso e ocupação do solo.

A partir dos anos 90 intensificam-se os trabalhos em cartografia geotécnica e geoambiental e os relacionados ao tratamento e remediação de áreas degradadas e contaminadas, com estudos e levantamentos em dezenas de municípios brasileiros, trabalhos estes registrados em atas de simpósios ou em publicações específicas.

Em dezembro de 2013, a ABGE - Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental aprovou a criação de uma nova categoria de associado, a de Patrocinador Coletivo, destinada a prefeituras.

As prefeituras foram classificadas em três patamares:

- Até 50 mil habitantes – Categoria Cristal

- Entre 50 mil e 500 mil habitantes – Categoria Rubi
- Acima de 500 mil habitantes – Categoria Esmeralda

Algumas Prefeituras de grande e de médio porte possuem profissionais associados à ABGE (Sócios Titulares), por iniciativa do profissional, que tem a percepção que essa participação lhe permite oportunidade de crescimento profissional, entre outros benefícios. Vários deles se tornaram dirigentes ou coordenadores de trabalhos em diversas gestões.

Entretanto, a associação da Prefeitura à ABGE significa que o Executivo Municipal está propiciando aos seus colaboradores as condições necessárias para a participação de profissionais das áreas técnicas de Planejamento, de Obras, de Meio Ambiente, de Gestão do Plano Diretor e de Defesa Civil, entre outras, numa rede profissional e de capacitação técnica continuada. Mais importante que receber informações técnicas, os próprios profissionais municipais poderão sugerir agenda e ajudar na organização de eventos, cursos e publicações de interesse, e ainda, passar a serem agentes ativos na disseminação de conhecimentos e tecnologias desenvolvidas em seus municípios, o que será um grande estímulo à carreira, à profissão e ao aperfeiçoamento tecnológico do município.

Tudo isto irá significar, sem dúvida, melhoria na qualidade dos trabalhos de responsabilidade do Município.

Com esse enfoque de aproximação entre as prefeituras municipais e a ABGE, foi reeditado e atualizado o Manual de Estradas Vicinais de Terra, inicialmente elaborado pelo IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas em 1985, propiciando aos técnicos municipais e profissionais de empresas privadas prestadoras de serviços, assim como todos aqueles que atuam na conservação dessas estradas, aproveitarem dessas orientações cuidadosamente elaboradas por técnicos e pesquisadores especializados nesse assunto.

Adalberto Aurélio Azevedo

Presidente ABGE - 2014 a 2018

Delfino Luiz Gouveia Gambetti

Presidente ABGE 2019 a 2020

NOÇÕES BÁSICAS SOBRE MATERIAIS NATURAIS E RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO

Os materiais naturais são utilizáveis na recuperação e conservação de estradas não pavimentadas e na maioria das vezes, encontrados nos próprios trechos em melhoramento ou em jazidas próximas aos mesmos. Em cada região, a escassez ou abundância desses materiais depende quase que exclusivamente das características geológicas e pedológicas locais.

Os materiais de construção naturais mais comumente utilizados são:

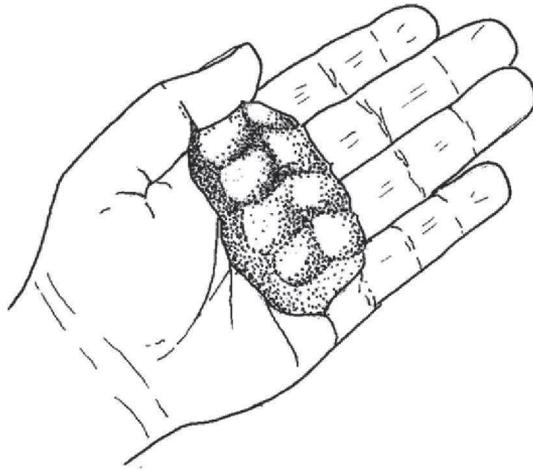
- ARGILA
- AREIA
- SAIBRO
- CASCALHO
- PEDREGULHO
- PIÇARRA
- CANGA LATERÍTICA

Esses materiais são normalmente encontrados na natureza misturados em porcentagens e granulometrias diversas. Neste Manual a denominação dos materiais naturais será dada em função da predominância granulométrica da argila, areia ou pedregulho na mistura.

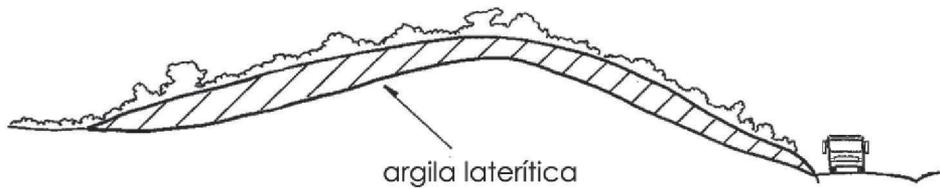
Por sua vez, os resíduos de construção que podem ser utilizados são:

- RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL
- MATERIAL DE FRESAGEM DE REVESTIMENTOS ASFÁLTICOS

RECONHECIMENTO DE SOLO ARGILOSO



LOCALIZAÇÃO DE JAZIDA DE SOLO LATERÍTICO ARGILOSO



► Argila

Material fino de cor vermelha, marrom ou amarela, cujos grãos não são visíveis a olho nu. Quando seca, apresenta elevada resistência, não podendo ser esmagada pelos dedos.

Uma forma prática de reconhecimento de um solo argiloso é a moldagem desse material úmido com as mãos.

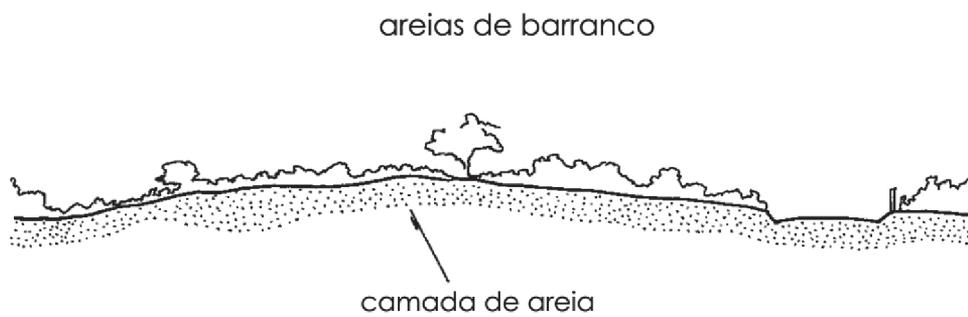
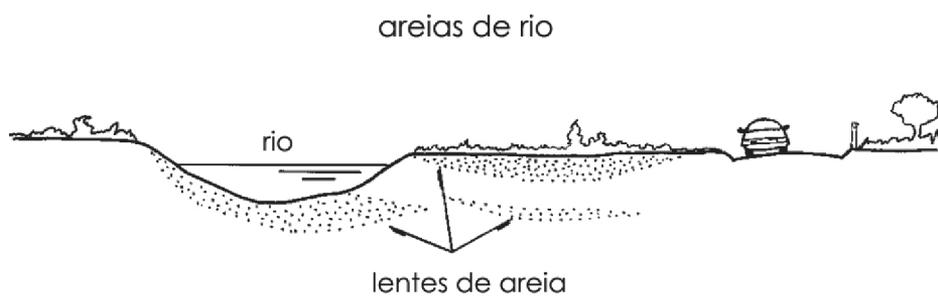
As argilas vermelhas ou amarelas, lateríticas, são encontradas mais próximas à superfície do terreno em camadas com espessuras variáveis, em torno de metros, apresentando-se quase sempre em grandes volumes.

Argilas pretas ou cinzas, encontradas nas várzeas dos rios e em camadas pouco espessas na superfície do terreno sobre o qual se desenvolvem as plantas, não devem ser utilizadas nos serviços de estradas por não apresentarem propriedades satisfatórias. Também não devem ser utilizadas as argilas de cores variegadas.

É importante não confundir argila com silte. Enquanto a argila é um material fundamental para as estradas de terra por sua característica ligante, o silte, que é um material parecido, pois também seus grãos são muito finos, apresenta características técnicas indesejáveis, ocasionando muitos problemas, tais como a baixa capacidade de suporte, formação de atoleiros, excesso de pó, etc.

O silte se distingue da argila por dificultar a moldagem quando úmido, e oferecer nenhuma resistência à pressão dos dedos quando seco.

LOCALIZAÇÕES DE JAZIDAS DE SOLO ARENOSO



► Areia

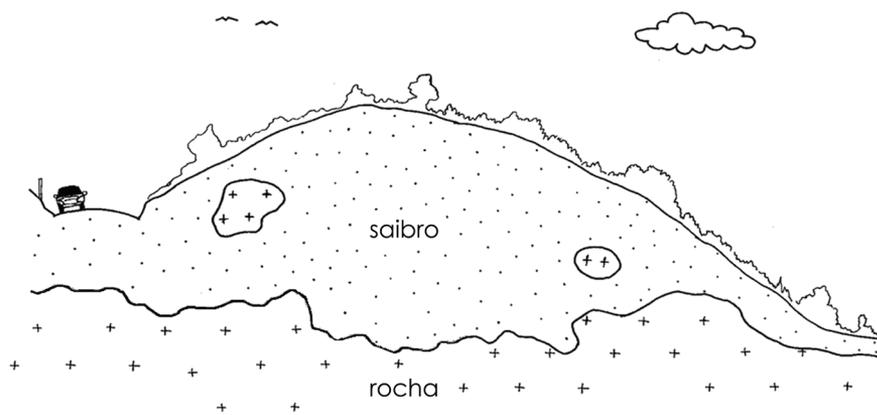
Material granular constituído por grãos com diâmetro variando de 0,05 mm a 2 mm de cores claras, cujas partículas são visíveis a olho nu. Quando seca, seus grãos ficam soltos.

Os solos arenosos são encontrados principalmente sob duas formas:

- Em várzeas e leitos dos rios, comumente conhecidas como areias lavadas de rio;
- Em regiões de solos naturalmente mais arenosos, como a região oeste do Estado de São Paulo, as camadas arenosas estão mais próximas da superfície do terreno, sendo então chamadas de “areias de barranco”.

Os volumes dessas ocorrências são geralmente grandes.

LOCALIZAÇÃO DE JAZIDAS DE SAIBRO



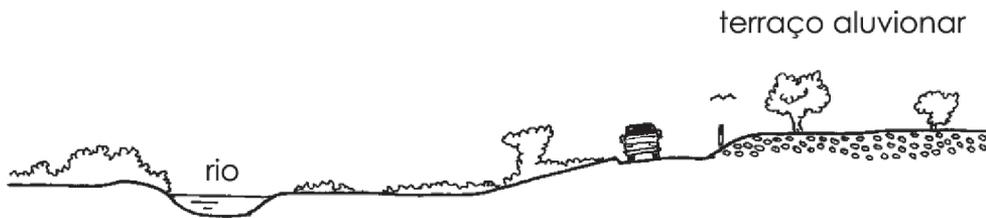
► Saibro

É um termo regional referente a um material granular proveniente da alteração de rochas. Mais tecnicamente é um material incoerente, originado geralmente pelo intemperismo de rochas graníticas ou gnaíssicas, contendo grande quantidade de areia, silte e fragmentos pequenos de feldspatos e quartzo. A quantidade de argila é pequena pelo fato do intemperismo não ter sido ainda completado.

As jazidas de saibros se encontram entre o solo mais evoluído e a rocha matriz ainda não intemperizada. Pode-se dizer que o saibro é a rocha em avançado estágio de decomposição.

As explorações de saibro provocam grandes mudanças no aspecto do terreno, pois para atingi-lo é necessário retirar a cobertura de solo. No caso do Brasil, é comum encontrarmos saibro que pode chegar até 30 m de profundidade.

LOCALIZAÇÃO DE JAZIDAS DE CASCALHOS E PEDREGULHOS

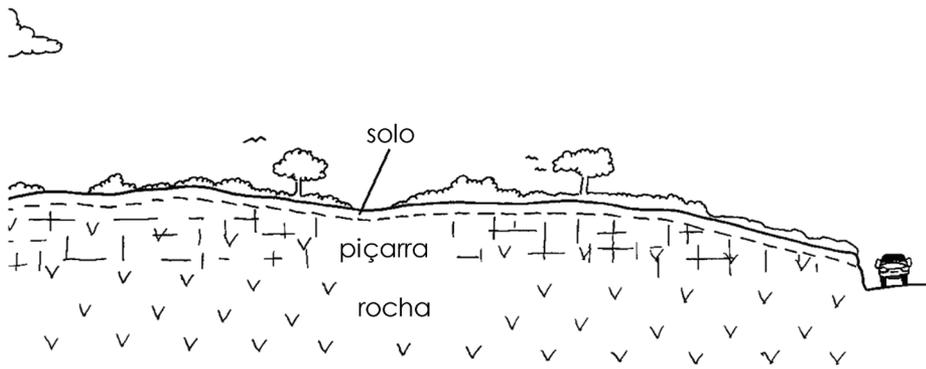


► Cascalhos e pedregulhos

Materiais granulares, com diâmetro acima de 2 mm, encontrados principalmente em cascalheiras nos leitos dos rios, terraços aluvionares e “linhas de seixo”, próximos ou na superfície do terreno.

- Os cascalhos e pedregulhos do leito dos rios formam jazidas comumente conhecidas como **cascalheiras de rio**. São materiais geralmente muito resistentes, de granulometria variada e com formas arredondadas. O volume da cascalheira depende muito do porte do rio ao qual está associado, sendo por isso extremamente variável.
- Os cascalhos e pedregulhos de terraços aluvionares e de “linhas de seixo” formam jazidas normalmente conhecidas como cascalheiras ou pedregulhos de cava. Esses materiais contêm, na maioria dos casos, porcentagens variáveis de argila e/ou areia. As espessuras das “linhas de seixo” são geralmente pequenas. Para se obter um volume satisfatório há necessidade de se explorarem grandes áreas de terreno, o que nem sempre é recomendável. Por este motivo, as “linhas de seixo” só devem ser exploradas em último caso. Após essa operação o terreno deve receber terra vegetal para que não se torne área improdutivo ou sujeita à erosão.

LOCALIZAÇÃO DE JAZIDAS DE PIÇARRA



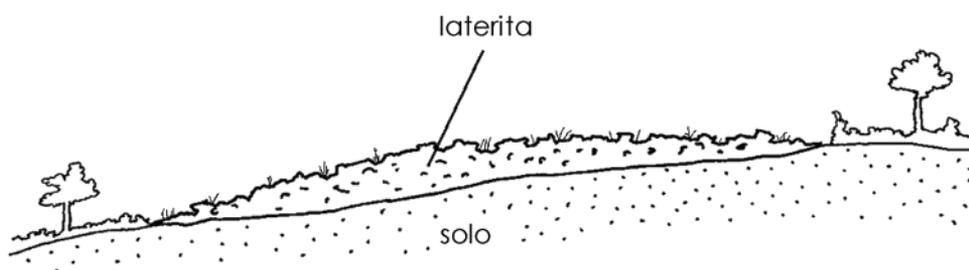
➤ Piçarras (Rocha Alterada)

Termo regional referente a material granular formado geralmente por fragmentos de rocha alterada ou fraturada. A resistência das piçarras é muito variável, dependendo, sobretudo do tipo de rocha, grau de alteração e intensidade do fraturamento.

O volume dessas jazidas depende da espessura da camada de rocha alterada e fraturada e de sua extensão.

Em algumas regiões as jazidas de rocha alterada, principalmente quartzitos, também são chamadas “cascalheiras”.

LOCALIZAÇÃO DE JAZIDA DE LATERITA



➤ **Laterita, canga laterítica, pedra ferro e pedra canga**

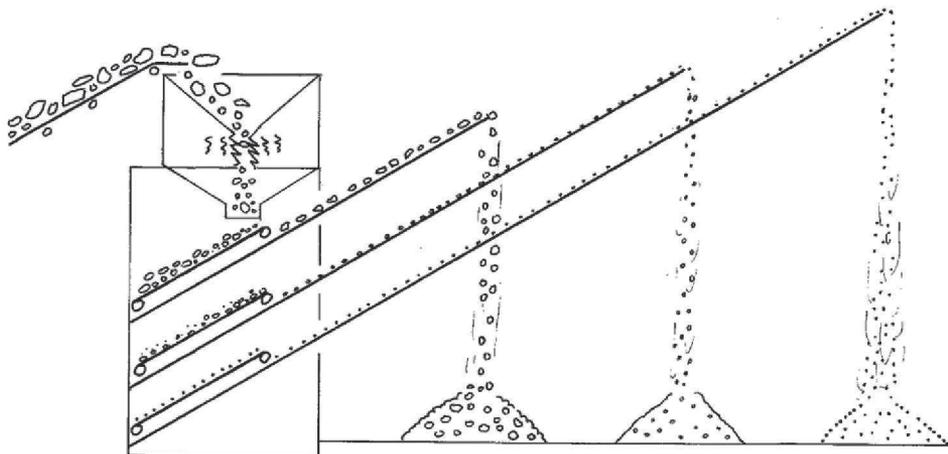
Trata-se de um material duro, ferruginoso e avermelhado que ocorre em regiões de clima intertropical úmido e quente, resultante da alteração de qualquer tipo de rocha e associado à concentração de hidróxido de alumínio e de ferro. É um material residual endurecido por ressecamento, formando uma capa dura, química e fisicamente resistente a processos intempéricos. É encontrado em larga ocorrência nos chapadões do centro-oeste brasileiro e em regiões da Amazônia.

Ocorre geralmente em superfície na forma de crosta ou concreções limoníticas, sendo uma ótima alternativa como material granular para revestimento de estradas de terra e base de pavimentos.

DEMOLIÇÃO



TRITURAÇÃO, MOAGEM E SEPARAÇÃO

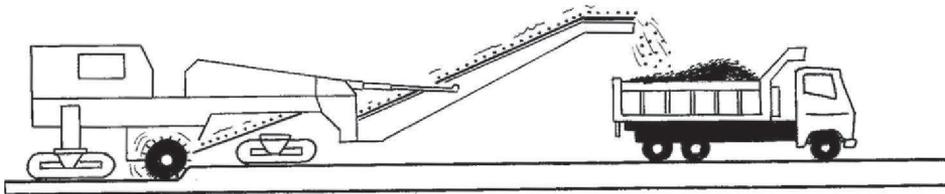


➤ **Resíduo da construção civil**

O Resíduo da Construção Civil (RCC) ou Resíduo da Construção e Demolição (RCD) é todo resíduo gerado no processo construtivo, de reforma, escavação ou demolição, que resulta no que se chama genericamente de entulho. Desta forma, pode-se dizer que o entulho inclui os restos de tijolo, argamassa, concreto, madeira, aço e outros materiais advindos da construção, reforma e/ou demolição de estruturas diversas como residências, pontes e prédios. Desses materiais os tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral formam uma classe de materiais, não poluentes, tecnicamente denominados de classe A, conforme a Resolução Conama nº 307 de 2002.

Esses tipos de resíduos podem ser submetidos a trituração / moagem e aproveitados como material granular.

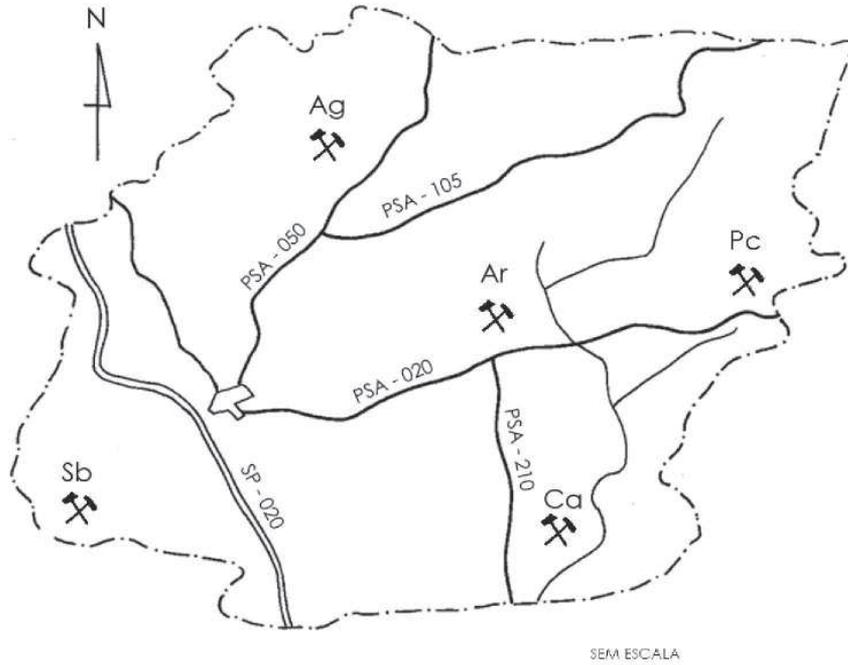
MATERIAL DE FRESAGEM



➤ **Material de fresagem de revestimento asfáltico**

A fresagem a frio consiste no corte ou desbaste de uma ou mais camadas do revestimento asfáltico por meio de processo mecânico a frio. É realizada através de cortes por movimento rotativo contínuo, seguido de elevação do material fresado para caçamba do caminhão basculante. O material resultante da fresagem de mistura asfáltica apresenta-se como granular fino, que pode ser utilizado como revestimento de estrada de terra, misturando-se com uma parte de solo argiloso ou simplesmente espalhado e compactado sobre uma camada de solo argiloso.

MAPA CADASTRAL DAS ESTRADAS E JAZIDAS DOS MUNICÍPIOS



LEGENDA

- Cidade
- Estrada pavimentada
- Estrada não pavimentada
- Limite de município
- Rio
- Jazida de material de construção (Pc - Piçarra, Ca - Cascalho, Ag - Argila, Ar - Areia, Sb - Saibro)

► Mapa de localização de jazidas

A exploração organizada e racional dos materiais naturais é condição essencial para a otimização dos serviços de revestimento primário em estradas de terra.

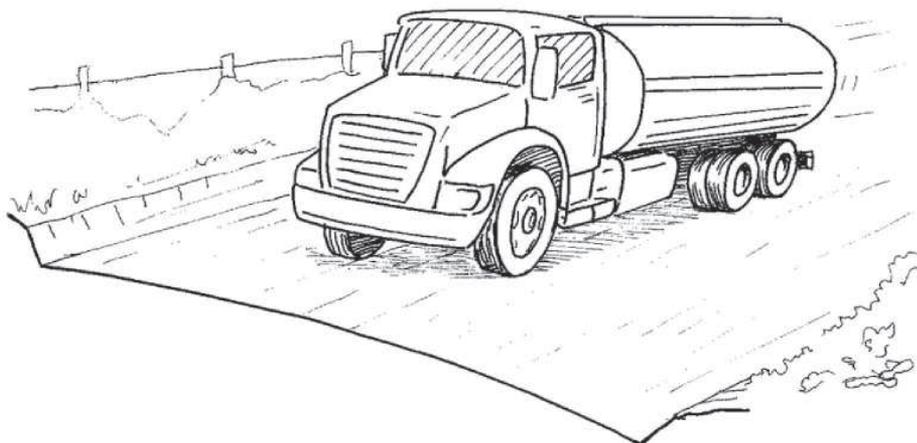
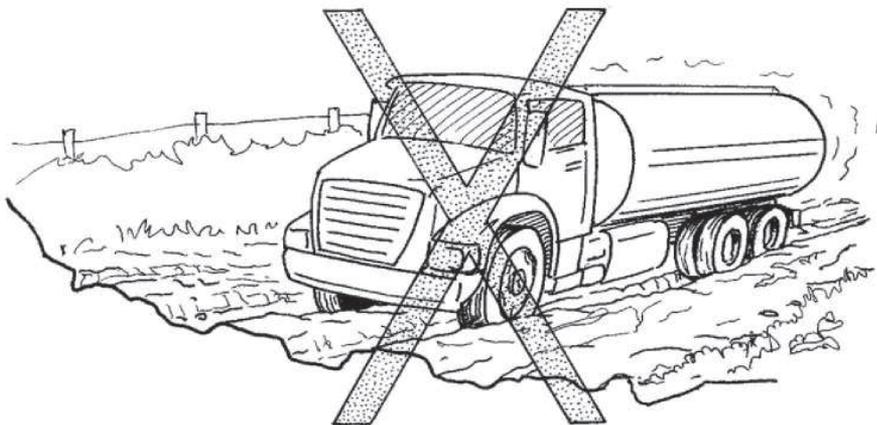
A localização das jazidas (em uso e potenciais) e os dados sobre suas características técnicas devem ser assinalados sobre a planta cadastral das vicinais do município. Com isso, obtém-se um mapa que é o instrumento mais adequado para o planejamento da exploração das jazidas.

A localização, a caracterização técnica, a cubagem e a definição da melhor forma de exploração das jazidas devem ser realizadas preferencialmente por geólogos qualificados, cujos serviços devem ser solicitados pelos municípios aos órgãos estaduais competentes.

ESTRADAS DE TERRA - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS ESSENCIAIS

Duas são as características técnicas fundamentais que uma estrada de terra deve apresentar para garantir condições de tráfego satisfatórias:

- Boa capacidade de suporte; e
- Boas condições de rolamento e aderência.



➤ Capacidade de suporte

A capacidade de suporte é a característica que confere à estrada sua capacidade maior ou menor de não se deformar frente às solicitações de tráfego.

As deformações típicas devido à falta de capacidade de suporte são as ondulações transversais e a formação de rodeiros.

Geralmente as estradas com baixa capacidade de suporte tendem a apresentar formação de lama por ocasião de chuvas mais intensas.

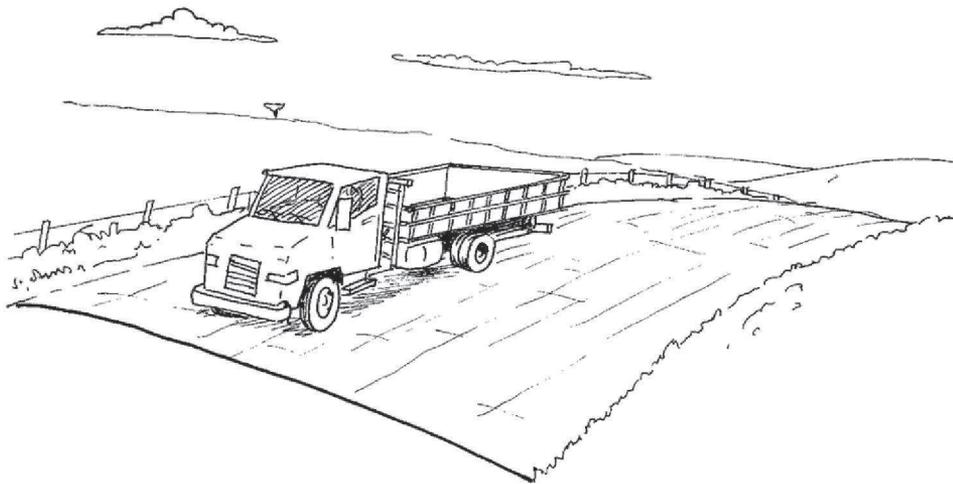
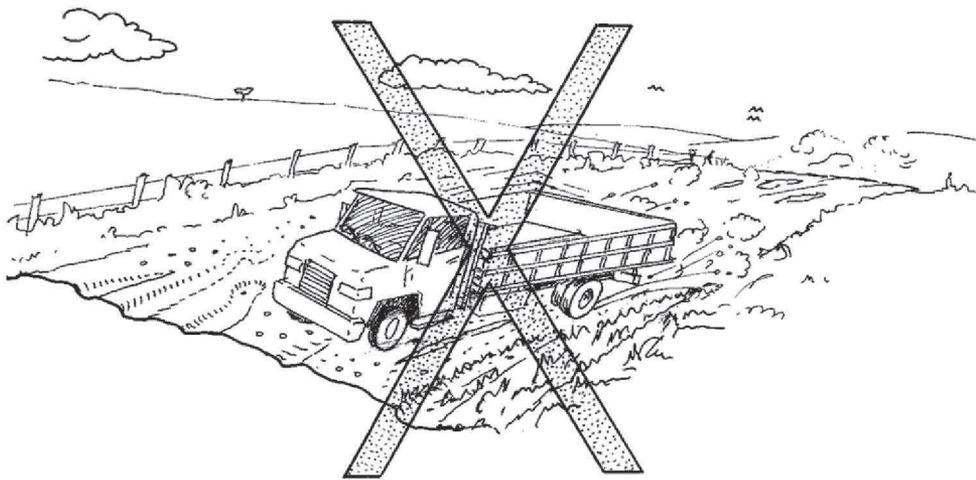
Os problemas típicos devido à falta de capacidade de suporte devem-se a deficiências técnicas localizadas no subleito (terreno natural sobre o qual está implantada a estrada), ou na camada de reforço (camada utilizada para melhorar o subleito), ou em ambos.

Os materiais granulares (areia, cascalho, etc.) são os mais indicados para se garantir uma boa capacidade de suporte.

Deve-se lembrar que a compactação é uma operação necessária em qualquer caso.

Assim, quando se fala em capacidade de suporte, deve-se pensar imediatamente em duas coisas:

- Materiais granulares; e
- Compactação.



➤ Condições de rolamento e aderência

As condições de rolamento dizem respeito às irregularidades da pista (esburacamento, materiais soltos, etc.) que interferem negativamente sobre o conforto e segurança do tráfego.

A aderência é a característica da pista que diz respeito às boas ou más condições de atrito, ou seja, uma pista com boa aderência não permite “patinação” das rodas dos veículos.

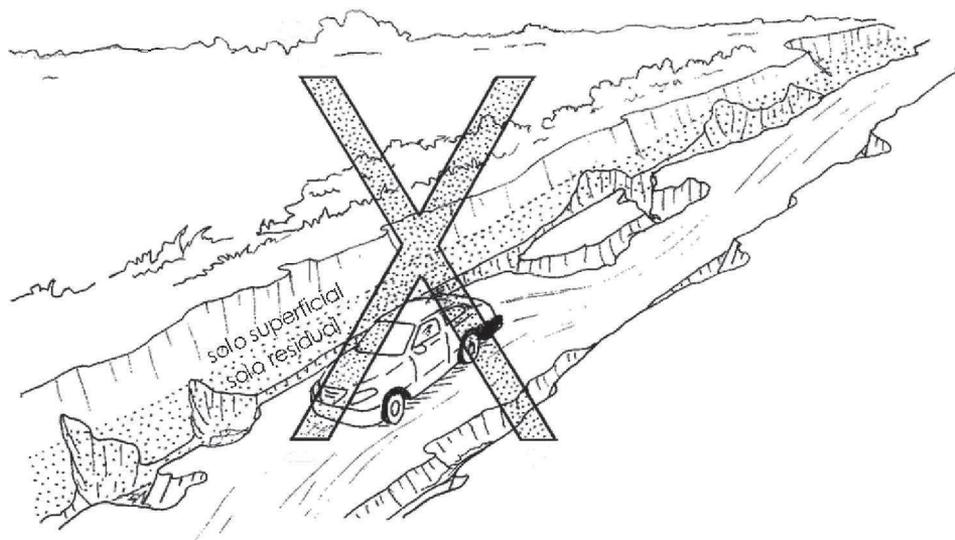
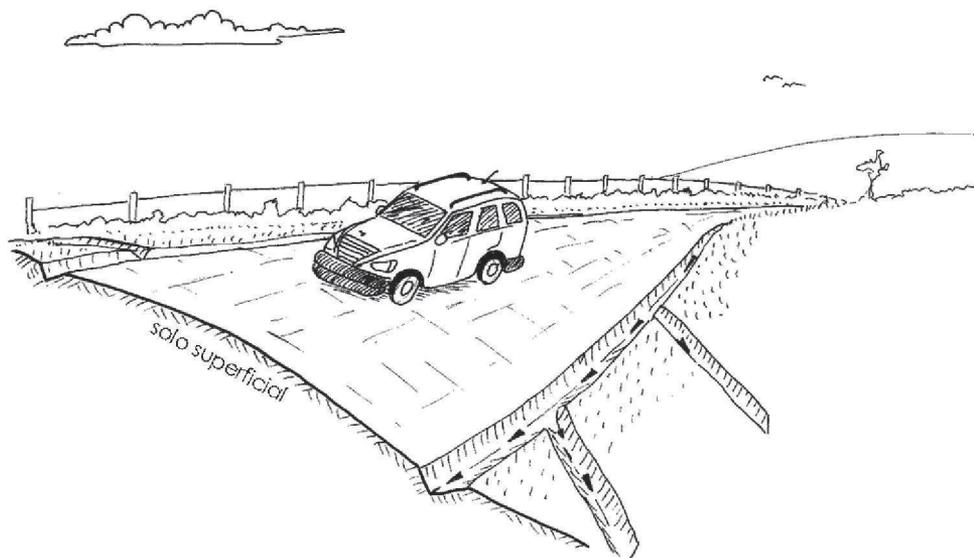
Os problemas mais típicos ligados às más condições de rolamento e aderência se localizam quase que exclusivamente na camada de revestimento, e são os seguintes: esburacamento generalizado, materiais granulares soltos, pista escorregadia etc.

Os materiais granulares (especialmente areia e cascalho) são os responsáveis maiores pelas boas condições de atrito. Porém, isso não basta, pois se não houver um material ligante que aglutine fortemente os grãos do material granular, esses grãos ficam soltos e tendem a originar problemas para o tráfego: patinação em rampas, formação de “costelas de vaca”, formação de buracos etc.

O material ligante natural mais indicado é a argila, e as operações normais para se conseguir uma boa camada de revestimento são a mistura (da argila com o material granular) em porcentagem adequada de cada material, e a compactação.

Assim, quando se buscam boas condições de rolamento e aderência deve-se considerar 4 itens:

- MATERIAL GRANULAR;
- MATERIAL ARGILOSO;
- MISTURA; e
- COMPACTAÇÃO.



➤ **Duas regras básicas**

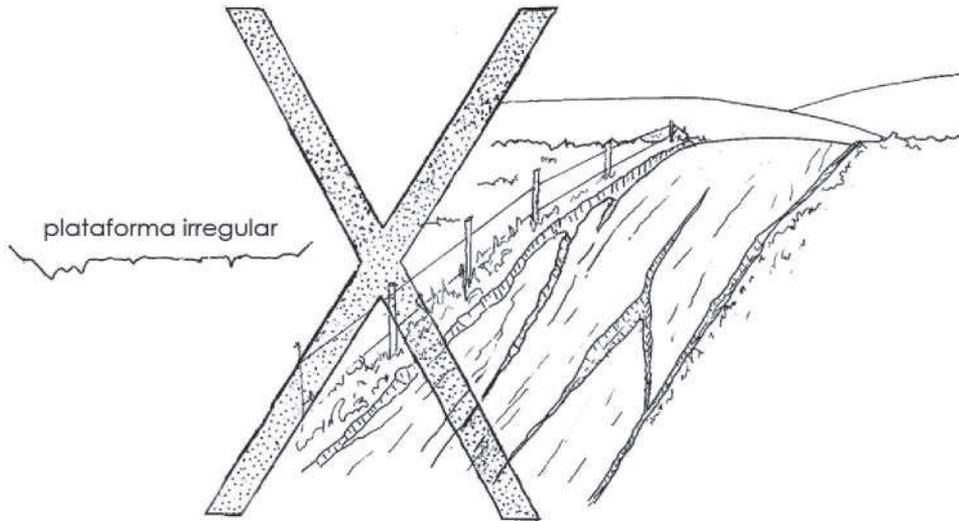
1. O leito das estradas de terra deve manter-se o máximo possível próximo à superfície do terreno.

Os solos superficiais (que são aqueles localizados próximos à superfície) são, geralmente, melhores para receberem as estradas, principalmente por sua maior resistência à erosão. São solos também que, por sua composição granulométrica, são compactados mais facilmente.

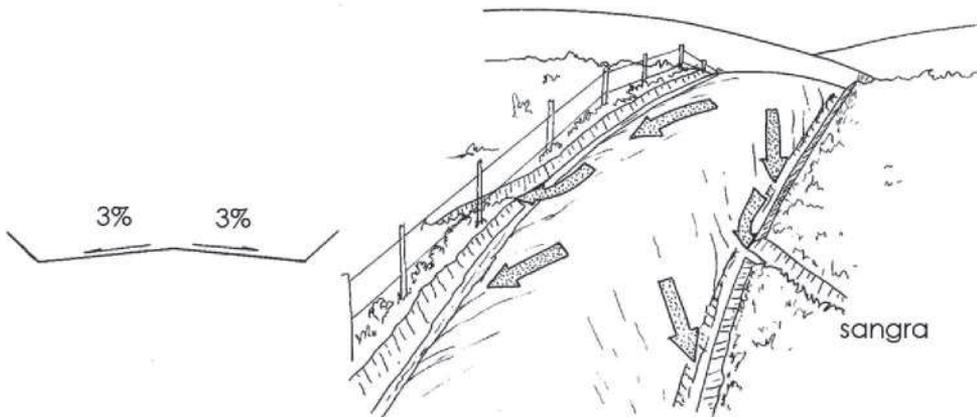
Os solos mais profundos, denominados solos saprolíticos ou residuais, mostram baixa resistência à erosão, principalmente pela pequena porcentagem de argila, e são mais difíceis de compactar devido à elevada presença de componentes siltosos.

Por esses motivos, são condenáveis os serviços de conservação baseados em uma patrolagem sistemática, pois, com essa raspagem, tem-se como consequência a remoção do solo mais resistente e compactado e a exposição dos solos menos resistentes. Tem-se ainda, de forma praticamente irreversível, uma estrada encaixada, que inviabiliza a implantação de saídas laterais de drenagem.

ESCOAMENTO DIFUSO



ESCOAMENTO ORDENADO



2. Um bom sistema de drenagem é essencial para a estrada de terra. Sem uma drenagem eficiente, por melhores que sejam as condições técnicas da pista, mais cedo ou mais tarde sua deterioração será total.

Uma estrada normalmente implica na interceptação das águas pluviais de superfície. Assim, além da chuva recebida em seu próprio leito, a estrada tende a ser o escoadouro das águas de chuva recebidas das áreas adjacentes, por vezes bastante extensas.

Considerando o enorme poder destrutivo que essas águas têm sobre as estradas de terra, as obras de drenagem adquirem papel fundamental.

Pode-se dizer que a drenagem se propõe aos seguintes objetivos:

- Diminuir a quantidade de água conduzida através da estrada, por meio de obras tais como canaletas de crista em cortes, saídas laterais (“sangras”), bueiros, passagens abertas, caixas de acumulação e dissipação, etc.,
- Proteger a pista de rolamento impedindo que as águas escoem diretamente sobre ela. Este objetivo é normalmente cumprido com o abaulamento transversal da pista e concomitante proteção das laterais.

OS DIFERENTES TIPOS DE PAVIMENTO NAS ESTRADAS DE TERRA

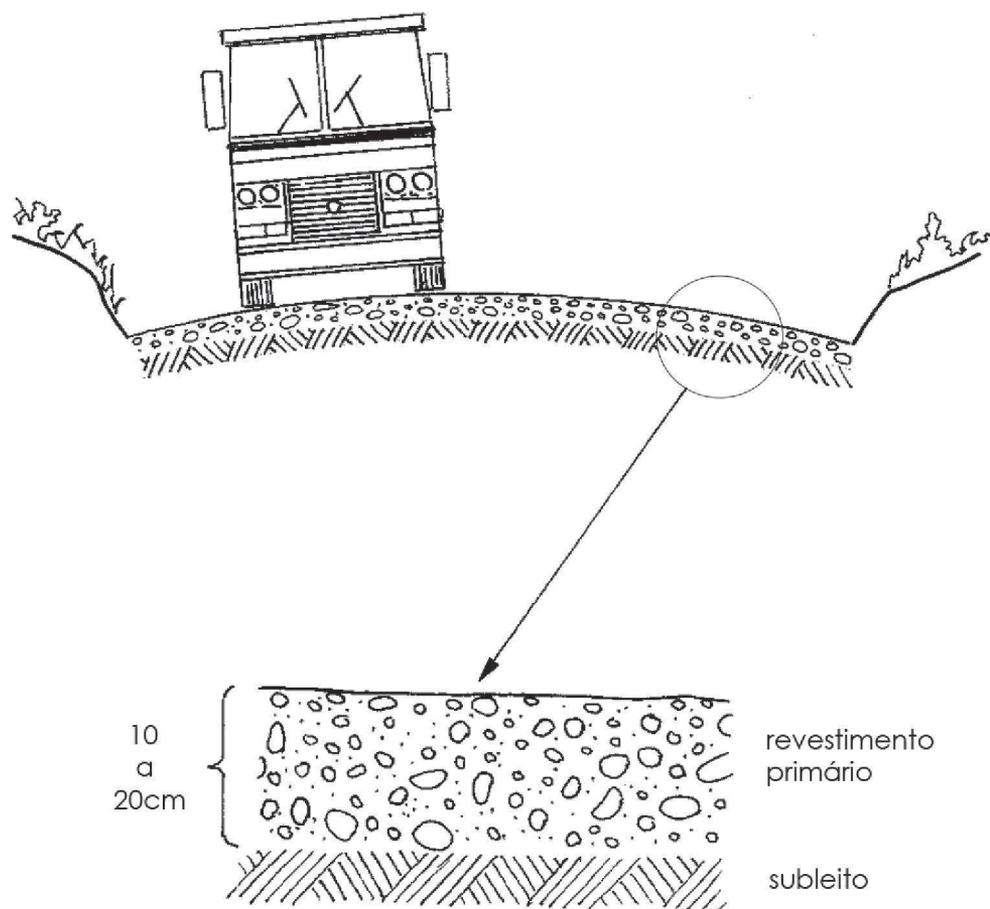
► Tratamento primário

O Tratamento Primário consiste em procedimentos técnicos voltados à melhoria das condições de rolamento e aderência do tráfego nas estradas de terra.

Há três tipos básicos de tratamento primário:

- Revestimento primário
- Agulhamento
- Mistura de areia e argila

O simples lançamento de material granular sobre o leito da estrada é conhecido como “encascalhamento”. O encascalhamento deve ser evitado, pois é de pouca durabilidade, baixa eficiência técnica e, por isso, dispendioso.



Revestimento primário

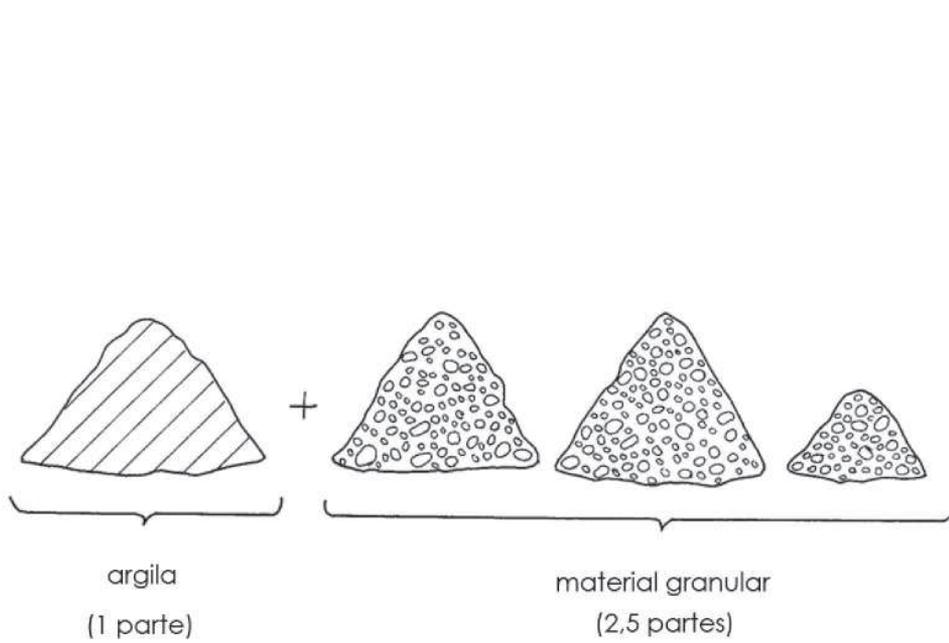
O Revestimento Primário constitui-se em uma camada colocada sobre o reforço do subleito ou diretamente sobre o subleito. Esta camada é obtida pela compactação de uma mistura (natural ou preparada) de material argiloso com material granular. A espessura desta camada deve levar em conta a quantidade e tipo de tráfego do local e as condições de suporte do subleito, variando, geralmente entre 10 e 20 cm.

O objetivo da adição de argila no material granular é o de atuar como ligante e regularizar a superfície final de rolamento.

O objetivo do uso do material granular é aumentar o atrito da pista com as rodas dos veículos. A dimensão máxima ideal do material granular é de 2,5 cm.

Na natureza há jazidas que podem ser utilizadas diretamente para a execução do Revestimento Primário, pois são compostas de uma mistura já em proporções satisfatórias de materiais granulares e argila. É o caso das cascalheiras de cava e alguns tipos de saibro.

No entanto, é mais comum aparecer a necessidade de se proceder a uma mistura adequada, uma vez que a maior parte das jazidas de materiais granulares é pobre em argila, como é o caso de cascalhos e pedregulhos de rio e saibros grosseiros de rochas alteradas.

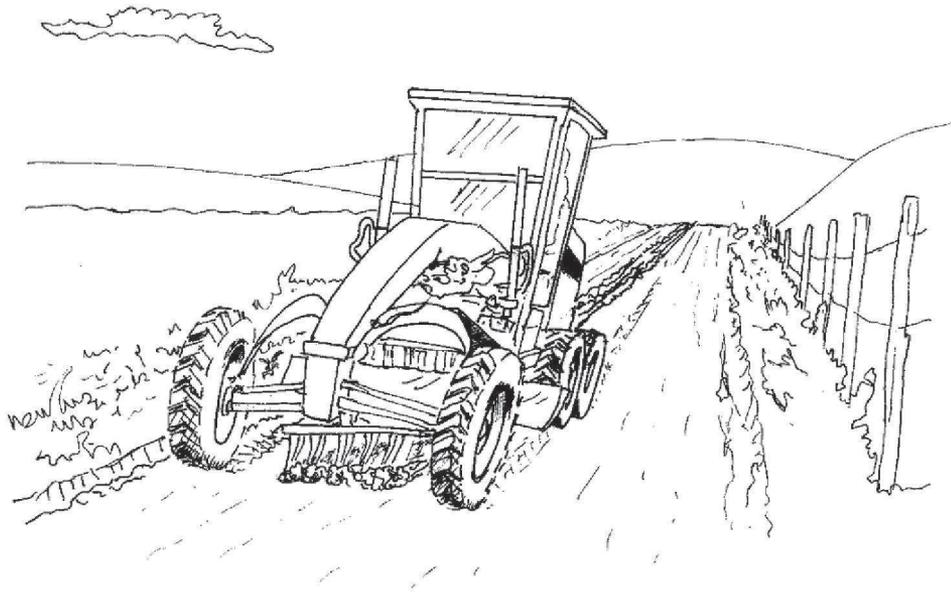
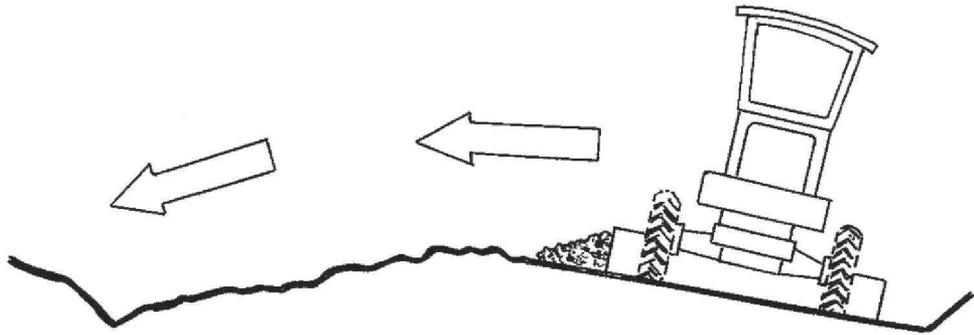


Mistura dos materiais para revestimento primário

A mistura pode ser executada na própria jazida, no trecho em obras, ou em qualquer pátio que se mostre adequado.

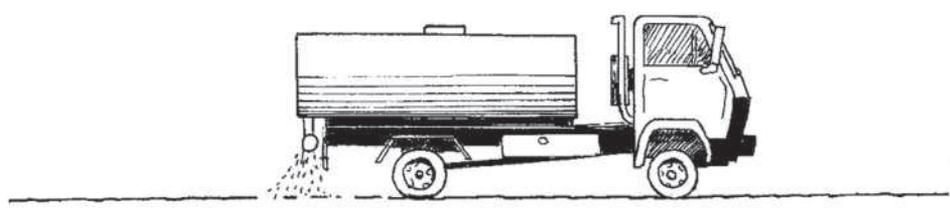
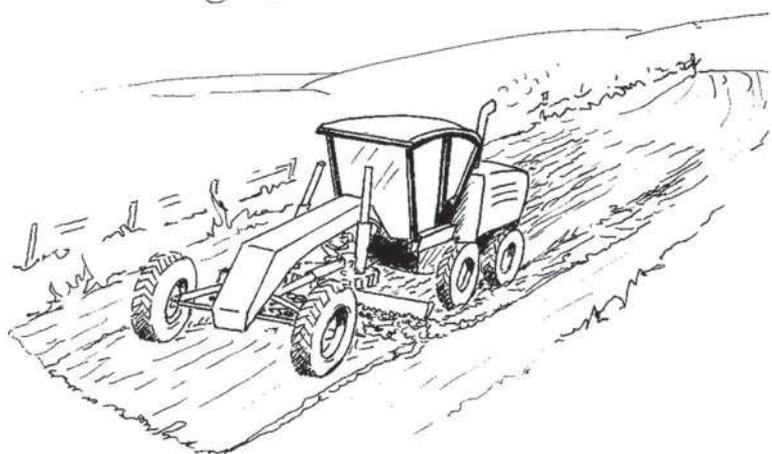
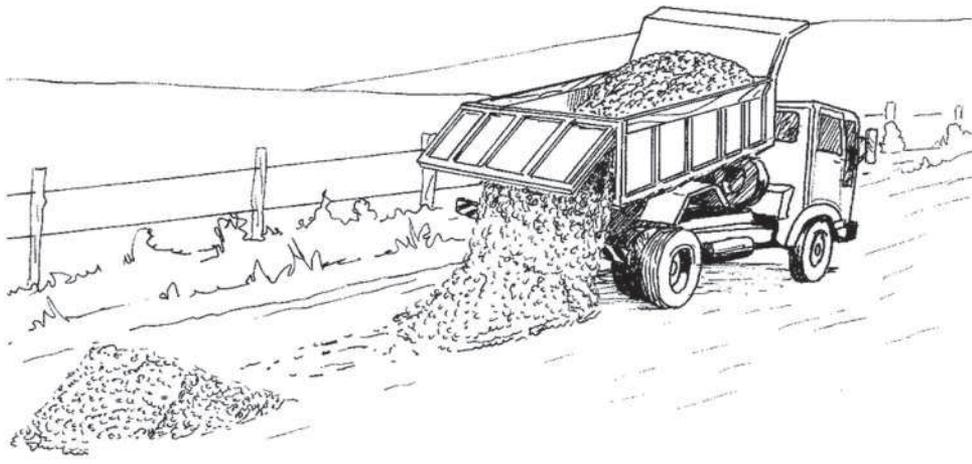
As operações para que a mistura atinja a necessária homogeneidade são:

- Secagem e destorroamento da argila;
- Cálculo das proporções em volume (em torno de 1 de argila para 2,5 de material granular);
- Mistura com enxada rotativa, grade de disco, motoniveladora ou pá carregadeira. O melhor equipamento para proceder à mistura é o pulvimisturador, porém dificilmente disponível nas prefeituras.



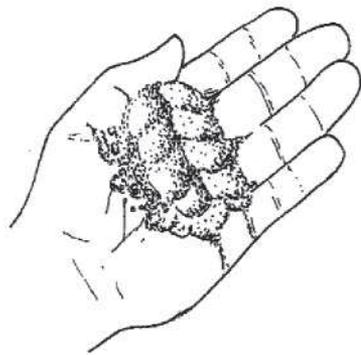
Execução do revestimento primário

- Regularização e compactação do subleito ou camada de reforço;
- Escarificação (“arranhamento”) do leito.

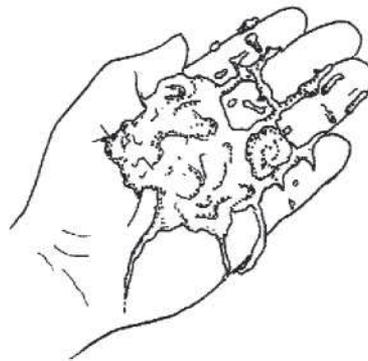


- Lançamento e espalhamento do material;
- Umedecimento, ou secagem, se necessário;

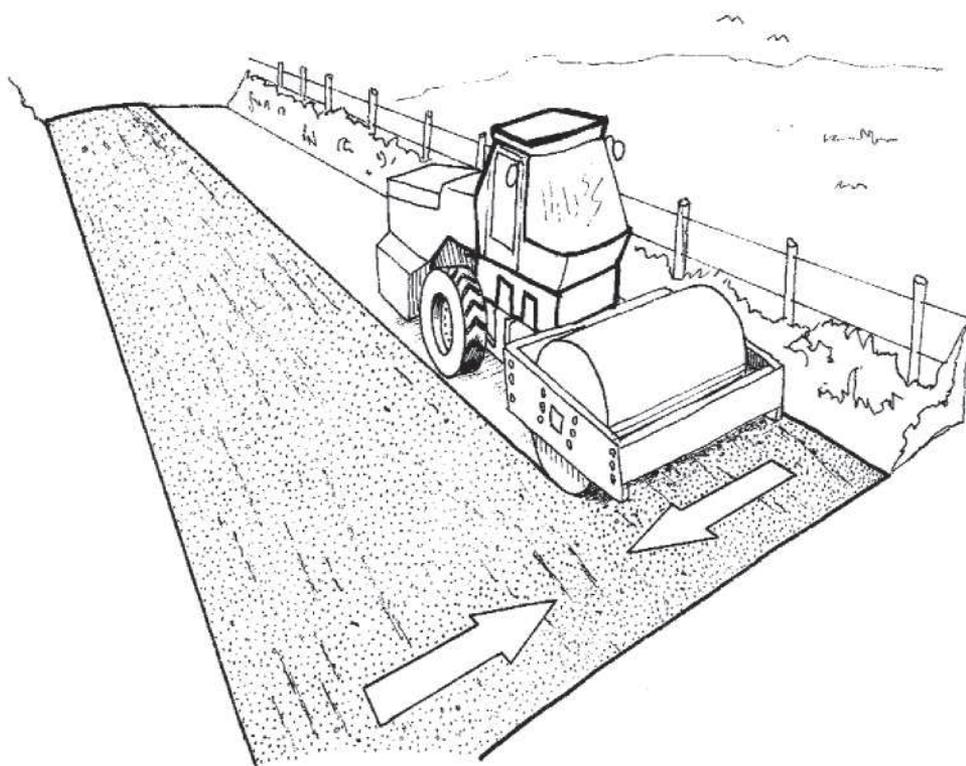
O material deve ser umedecido com caminhão pipa. Caso esse material esteja muito úmido, devido à chuva, deve ser espalhado sobre a pista e revolvido ao sol para secar.



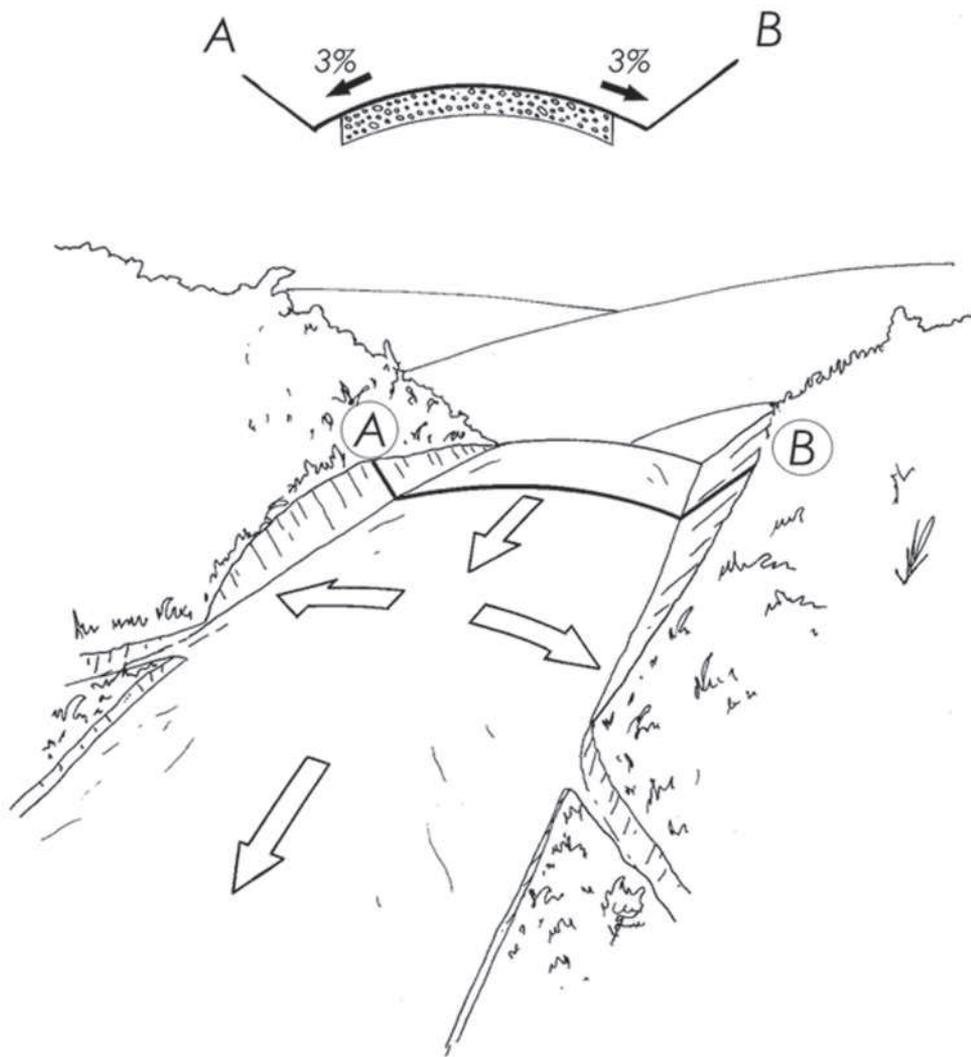
solo na umidade correta



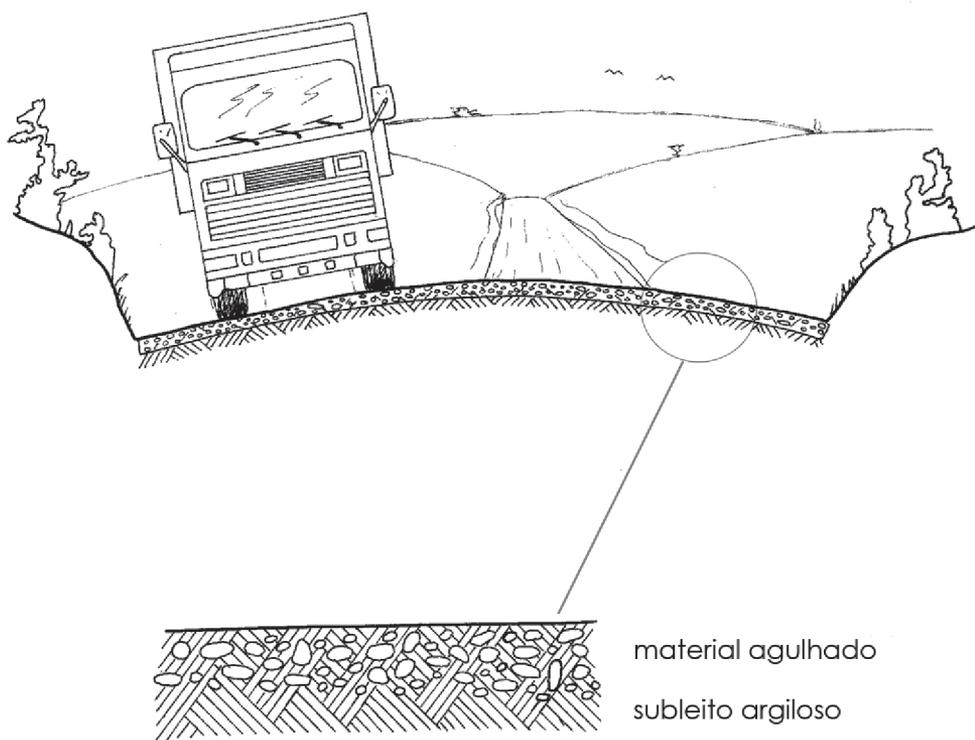
solo encharcado



- Para verificar se o teor de umidade do solo está bom para a compactação, faz-se um controle visual (o solo não deve estar nem seco nem encharcado).
- Compactação com rolo vibratório (passar o rolo no mínimo 8 vezes por faixa, da borda da estrada para o seu centro).



- A execução de caixa no leito da estrada para evitar a perda do material nas laterais é um procedimento que pode aumentar a duração do revestimento primário; no entanto, eleva seu custo de implantação.
- No caso de sua execução, há necessidade de serem previstas saídas laterais de forma a possibilitar o escoamento de água eventualmente infiltrada dentro da caixa.

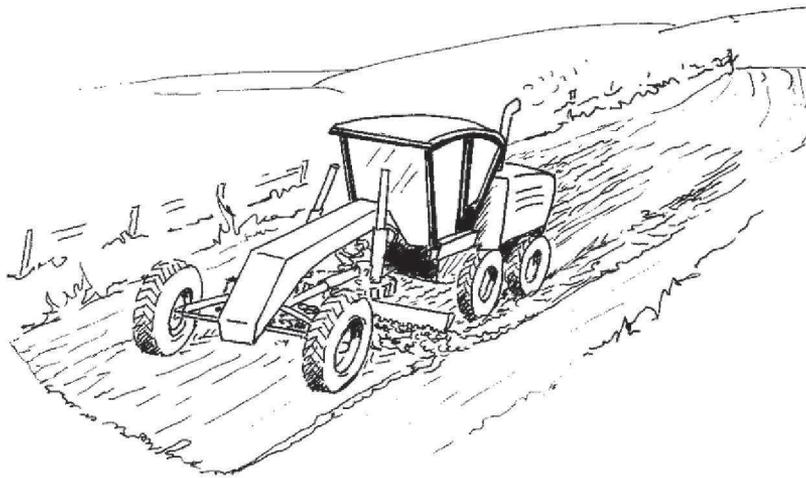
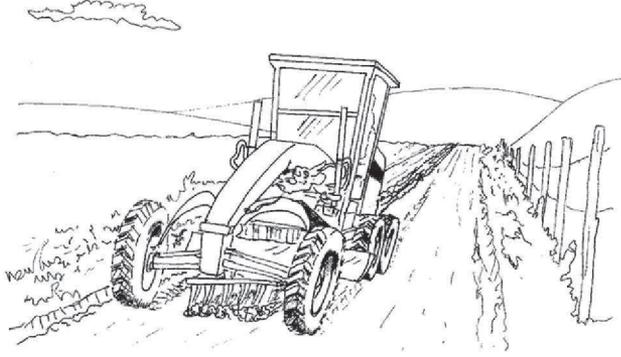
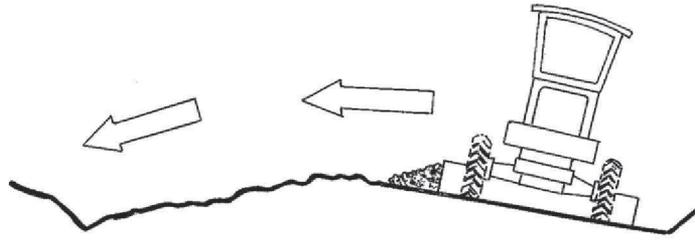


Agulhamento

O Agulhamento consiste na operação de cravação, por compactação, de material granular grosseiro e resistente diretamente no subleito, se este for argiloso, ou sobre uma camada argilosa colocada sobre o subleito.

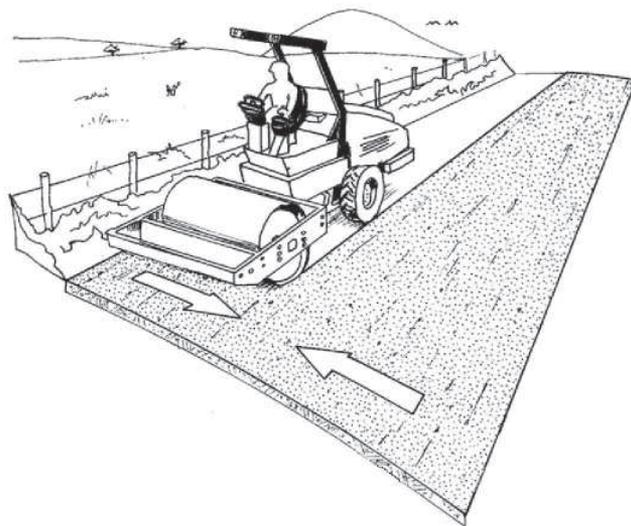
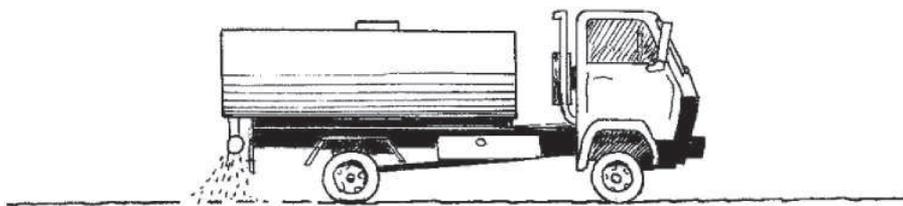
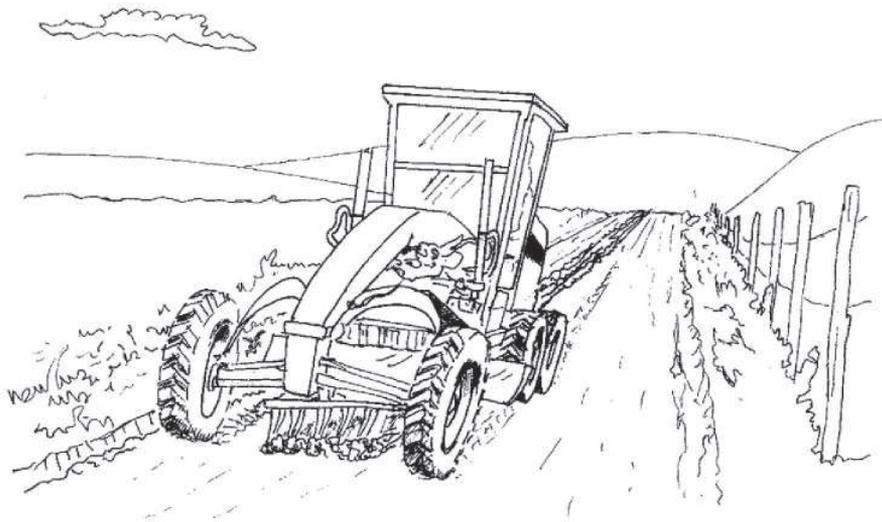
O Agulhamento tem um resultado técnico em termos de durabilidade e desempenho inferior ao Revestimento Primário, sendo indicado, portanto, para situações onde a execução do Revestimento Primário se mostre problemática ou muito custosa, ou para estradas de terra de menor porte e baixo volume de tráfego.

Os materiais granulares mais indicados para o Agulhamento são os pedregulhos limpos, cascalhos, piçarras resistentes e brita com dimensão superior a 2,5 cm.



Execução do agulhamento

- Regularização da pista;
- Escarificação do subleito ou lançamento de camada de argila;
- Lançamento e espalhamento do material granular;



As setas indicam o sentido da operação.

- Revolvimento conjunto dos materiais;
- Umedecimento ou secagem, quando necessário;
- Compactação.

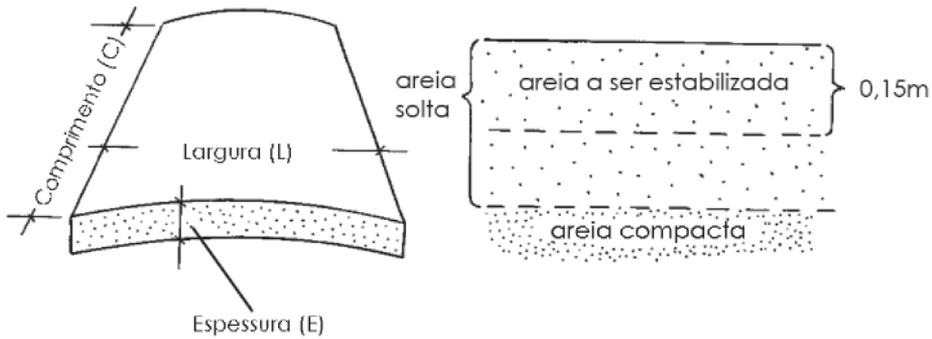
Mistura de areia e argila

Essa mistura é utilizada principalmente quando o subleito é muito arenoso provocando frequentemente o problema de “areião” (camada de areia que se forma na superfície da estrada e que, quando seca, dificulta o tráfego). Neste caso, a adição de cerca de 30% de argila propicia a formação de uma camada de boa qualidade como pista de rolamento.

O objetivo desta adição é tornar coesivo o material que já apresenta boas condições de suporte.

São previstas algumas dificuldades para misturar a areia com a argila, motivo pelo qual não é esperada uma perfeita homogeneização. Este fato, porém, não implicará na perda da eficiência da solução.

Cálculo do Volume de Areia solta sobre o Leito



Espessura da camada de areia solta (E) = 0,15m

Comprimento do trecho (C)

Largura da estrada (L)

Volume (V) = E x C x L = metros cúbicos (m³)

Exemplo:

E = 0,15m, C = 100m , L = 6m

Volume = 90 m³

Volume de argila necessário:

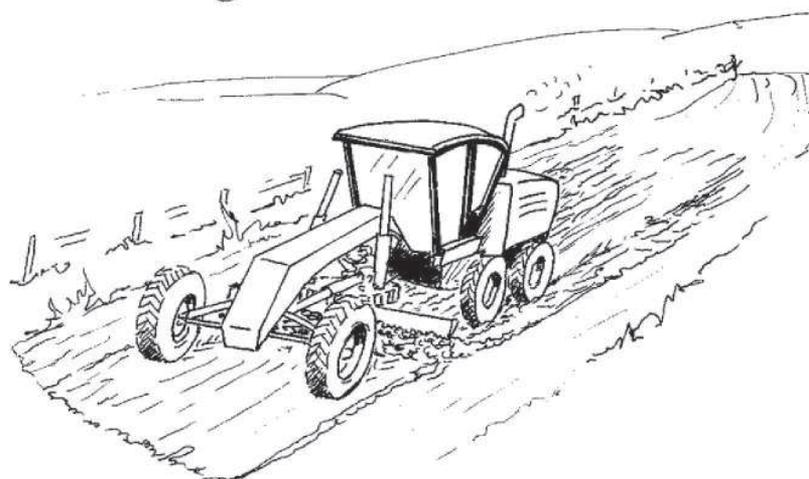
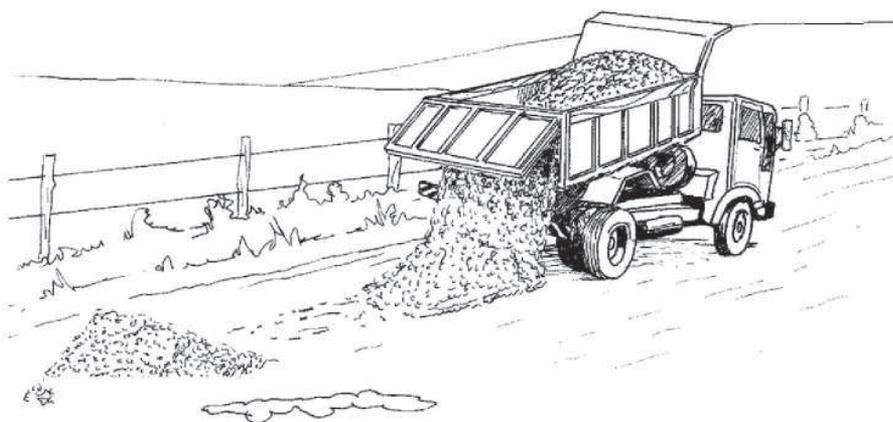
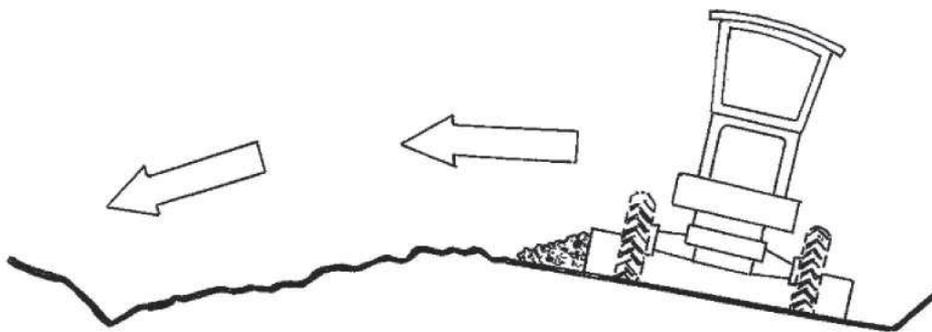
$$\frac{90}{2,5} = x \quad 2,5 \cdot x = 90 \quad x = 36 \text{ m}^3$$

1 caminhão = 5 m³, então para o exemplo acima são necessários ~ 7 caminhões

Execução da mistura

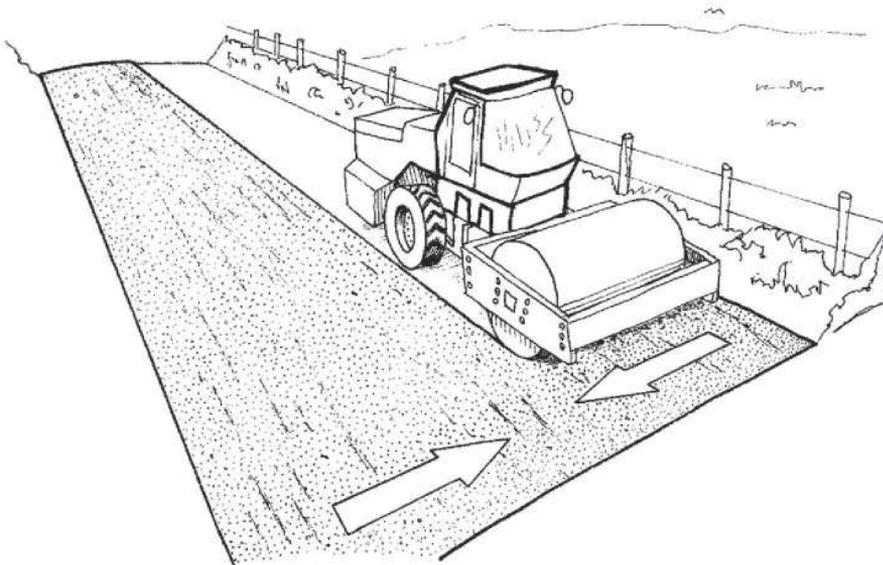
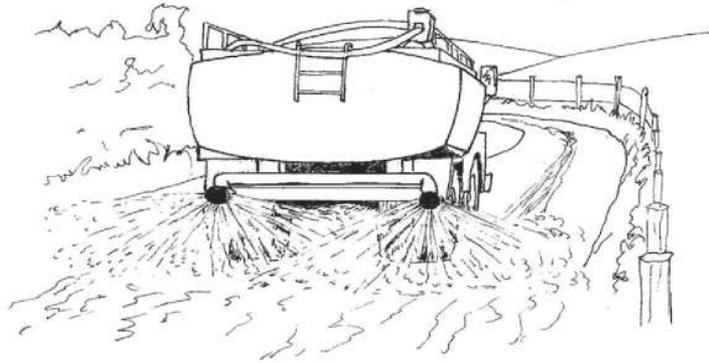
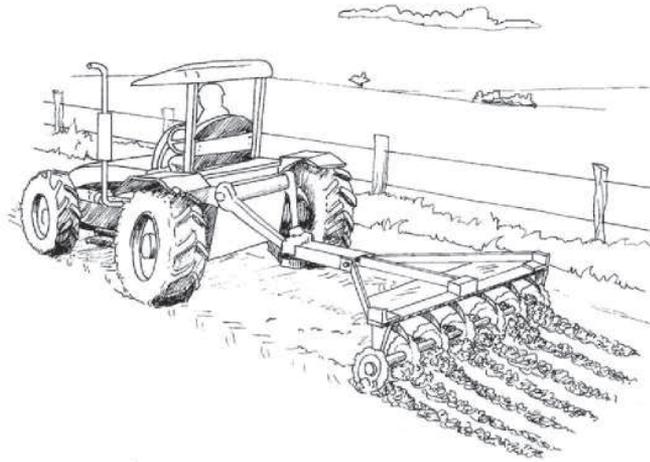
Nem toda a camada de areia solta precisa ser estabilizada, pois a espessura (E) ideal da camada de areia solta a ser melhorada é de cerca de 15 cm (0,15 m). Deste modo, o volume dependerá da largura (L) e do comprimento (C) do trecho.

Para o cálculo do volume de areia solta sobre o leito, ver a página anterior.



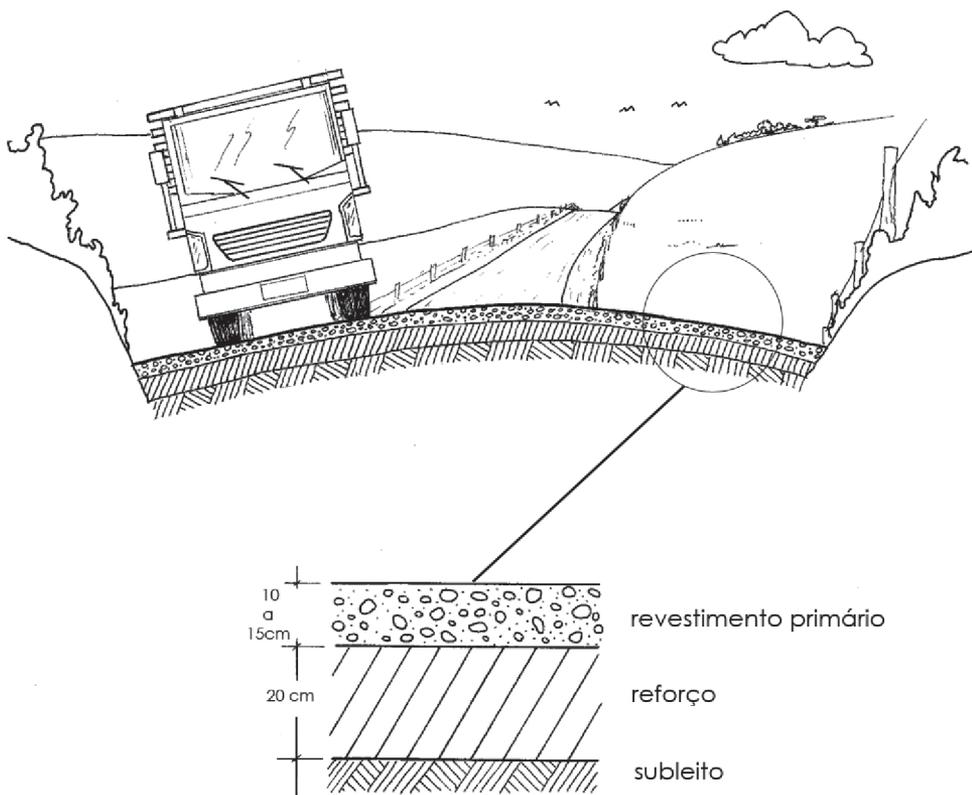
As setas indicam o sentido da operação.

- Regularização;
- Lançamento e espalhamento de argila seca e destorroada em volume certo para obter a relação 1 :2,5 (argila: areia);



As setas indicam o sentido da operação.

- Mistura com grade de disco;
- Umedecimento;
- Compactação.

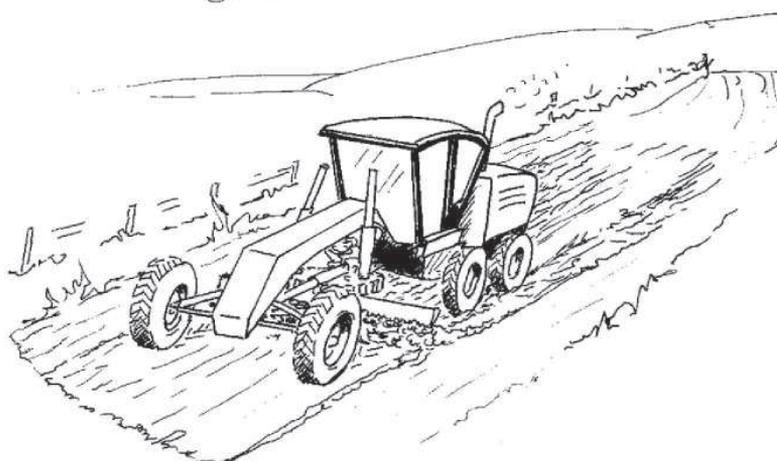
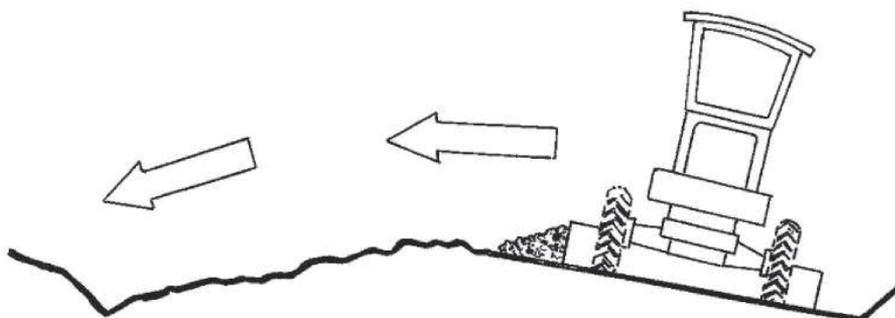


➤ **Reforço do subleito**

Quando a estrada se desenvolve sobre um subleito (terreno natural) com baixa capacidade de suporte, é necessária a execução de uma camada de reforço.

Essa camada tem ainda como objetivo diminuir a espessura de revestimento primário (material mais nobre) ou oferecer condições para a execução de agulhamento.

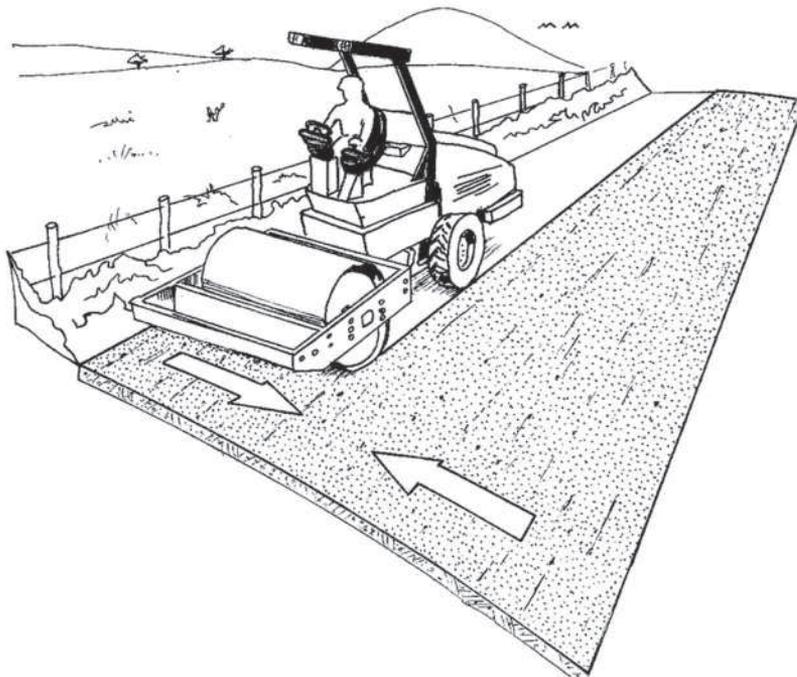
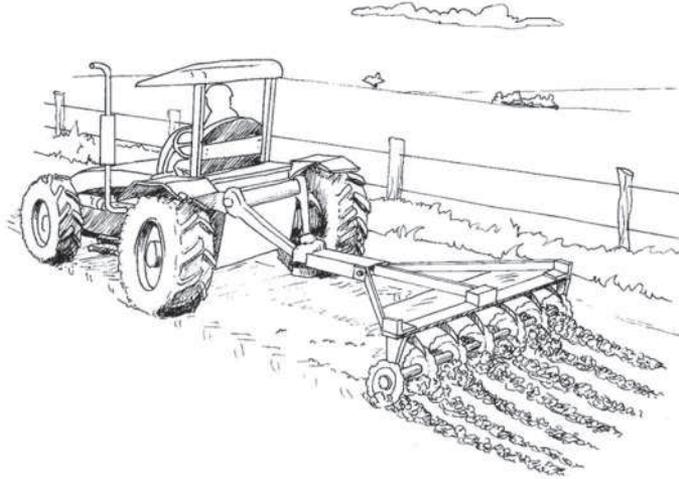
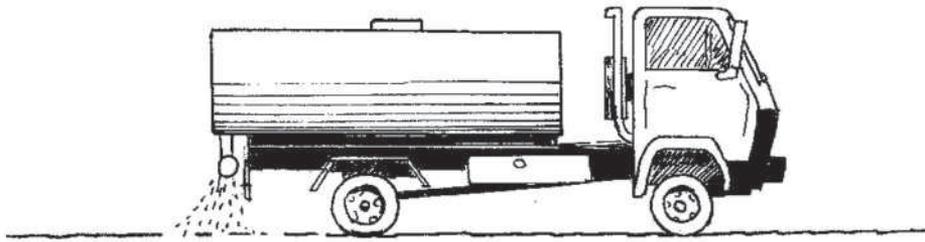
Normalmente essa camada deve ter cerca de 20 cm já compactada, podendo ser utilizados materiais granulares grosseiros e mesmo materiais argilosos lateríticos.



As setas indicam o sentido da operação.

Execução do reforço do subleito

- Regularização do subleito;
- Lançamento e espalhamento do reforço;

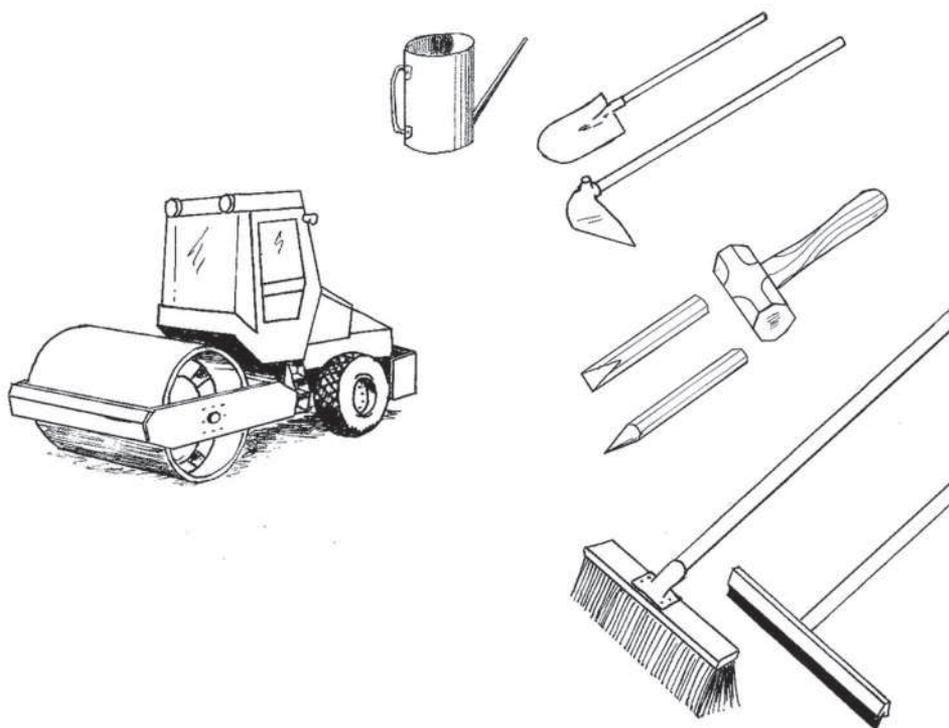
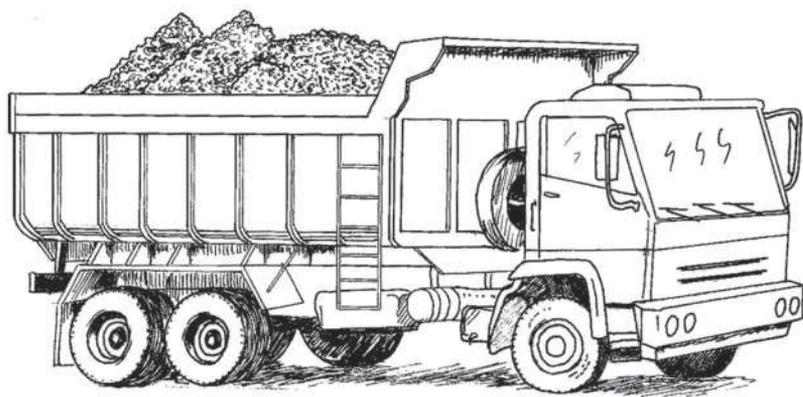


- Umedecimento ou secagem, quando necessário;
- Homogeneização com grade de disco; e
- Compactação.

➤ **Algumas soluções especiais que poderão ser adotadas em trechos críticos de uma estrada de terra**

Em algumas situações especiais, como trecho em rampa muito acentuada, uma curva fechada, um trecho com nível d'água aflorante, uma travessia de um curso d'água sem ponte, um atoleiro, etc., deverá ser avaliada a conveniência de adoção de uma solução técnica mais elaborada, e portanto mais dispendiosa, especialmente se os materiais naturais locais, mesmo bem utilizados, não resolvem as dificuldades a contento.

A opção por uma ou outra alternativa dependerá sempre das características do problema que se queira resolver e das facilidades locais em se implantar a solução escolhida.



Peças pré-moldadas de concreto

Definição / finalidade

Revestimento executado com peças de pré-moldados de concreto atendendo às dimensões pré-estabelecidas, assentadas manualmente sobre um colchão de assentamento.

Tem por finalidade servir de camada de rolamento do pavimento.

Materiais necessários

1. Peças de pré-moldados de concreto

As peças pré-moldadas de concreto são produzidas industrialmente. É um revestimento fabricado com uma mistura de agregados e cimento Portland em molde de dimensões e formas padronizadas.

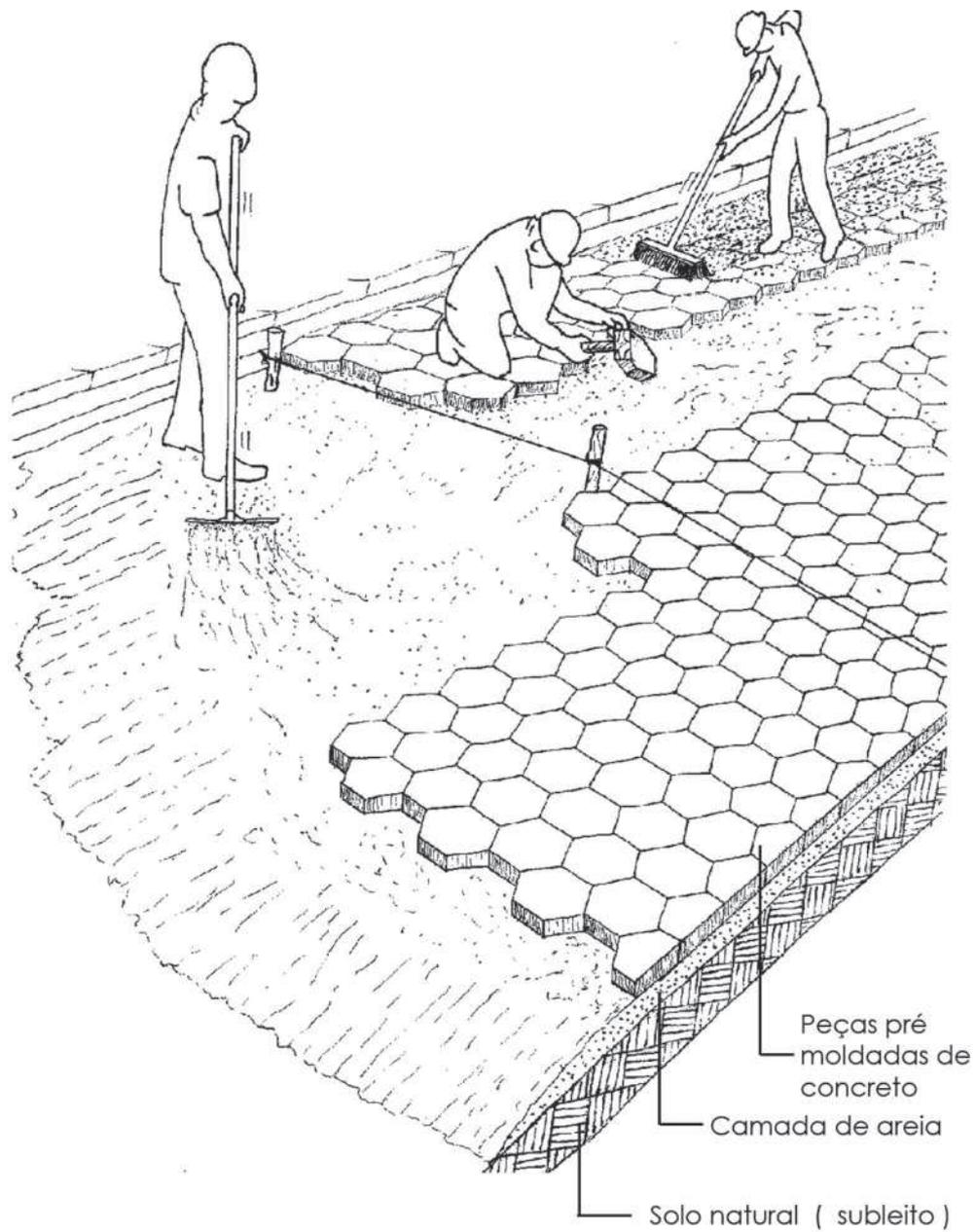
2. Areia ou pó-de-pedra

A areia ou o pó de pedra, para assentamento das peças de pré-moldados de concreto, deverá ter granulometria grossa, isenta de torrões de argila e matéria vegetal.

3. Equipamentos

Os equipamentos necessários para a execução do revestimento em peças pre moldadas são:

- Caminhão basculante;
- Rolo compressor de rodas lisas de 10 a 12 t;
- Placa vibratória;
- Pequenas ferramentas.



Método construtivo

- *Regularização da pista*

A pista a ser revestida deverá ser regularizada com equipamento, de preferência a patrol. Após a regularização deverá ser compactada com algumas passagens do rolo liso.

- *Colchões de assentamento*

Sobre a camada de base do pavimento, deverá ser esparramada uma camada de areia grossa ou de pó-de-pedra, em uma espessura em torno de 3 a 5 cm.

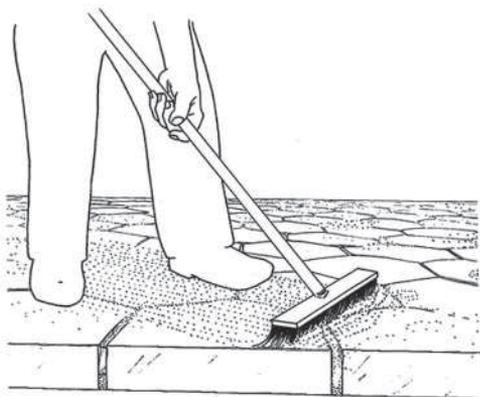
- *Assentamento das peças pré-moldadas de concreto*

Antes do assentamento ser iniciado, deve-se estabelecer as linhas de referências através de piquetes cravados no eixo da via e nas sarjetas, para que o pavimento fique com a declividade transversal necessária à sua drenagem.

O assentamento deverá progredir dos bordos para o eixo da via e as fiadas deverão ser retilíneas e normais ao eixo.

As peças de pré-moldados de concreto deverão ser colocadas sobre o colchão de assentamento, e ficar cerca de 1 cm acima do nível, de forma que sejam necessárias várias passadas da placa vibratória para assentá-las no nível definido.

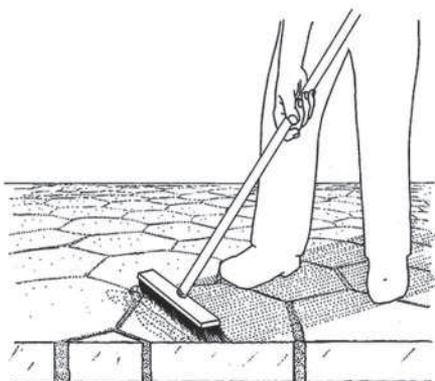
A disposição varia conforme a forma da peça pré-moldada de concreto.



1 - Rejuntamento com pedrisco ou areia grossa



2 - Compressão



3 - Rejuntamento final com a segunda camada de pedrisco ou areia grossa

Rejuntamento e compressão

O rejuntamento tem como finalidades principais:

- Firmar o pavimento, pela imobilização dos elementos;
- Melhorar a textura superficial do pavimento;
- Diminuir a sonoridade;
- Distribuir a carga dos veículos para as peças contiguas ao ponto de aplicação de carga.

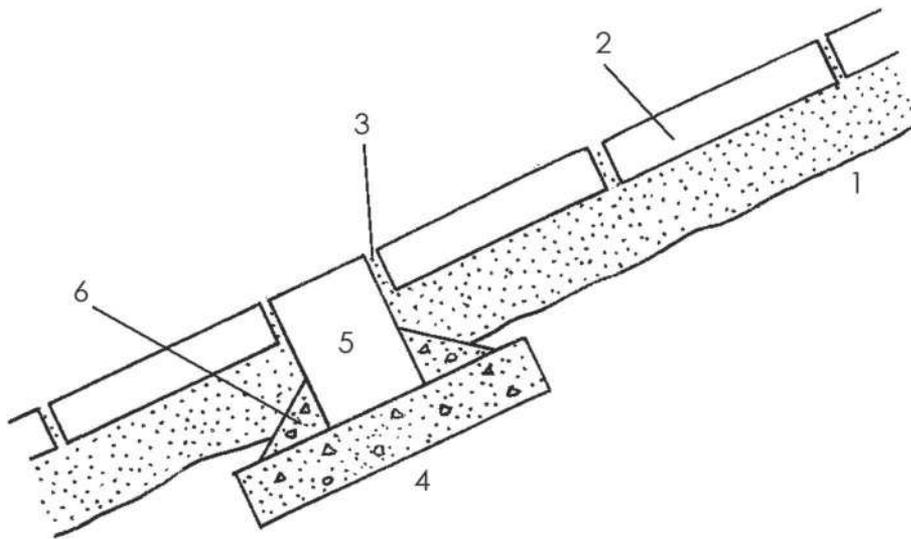
O rejuntamento apresenta as seguintes vantagens:

- Aumentar a vida útil do pavimento;
- Reduzir o custo de manutenção.

Tanto o rejuntamento, quanto a compressão com a placa vibratória, devem ser realizados da seguinte forma: após o assentamento, deverá ser esparramada uma camada de pedrisco seco, em quantidade suficiente para preencher aproximadamente 1/3 da altura das juntas.

A penetração do pedrisco nas juntas é feita com vassourões. Após o seu esparrame, as peças pré-moldadas de concreto deverão ser comprimidas pela ação da placa vibratória.

TRECHOS EM RAMPA OU FINAL DE VIA

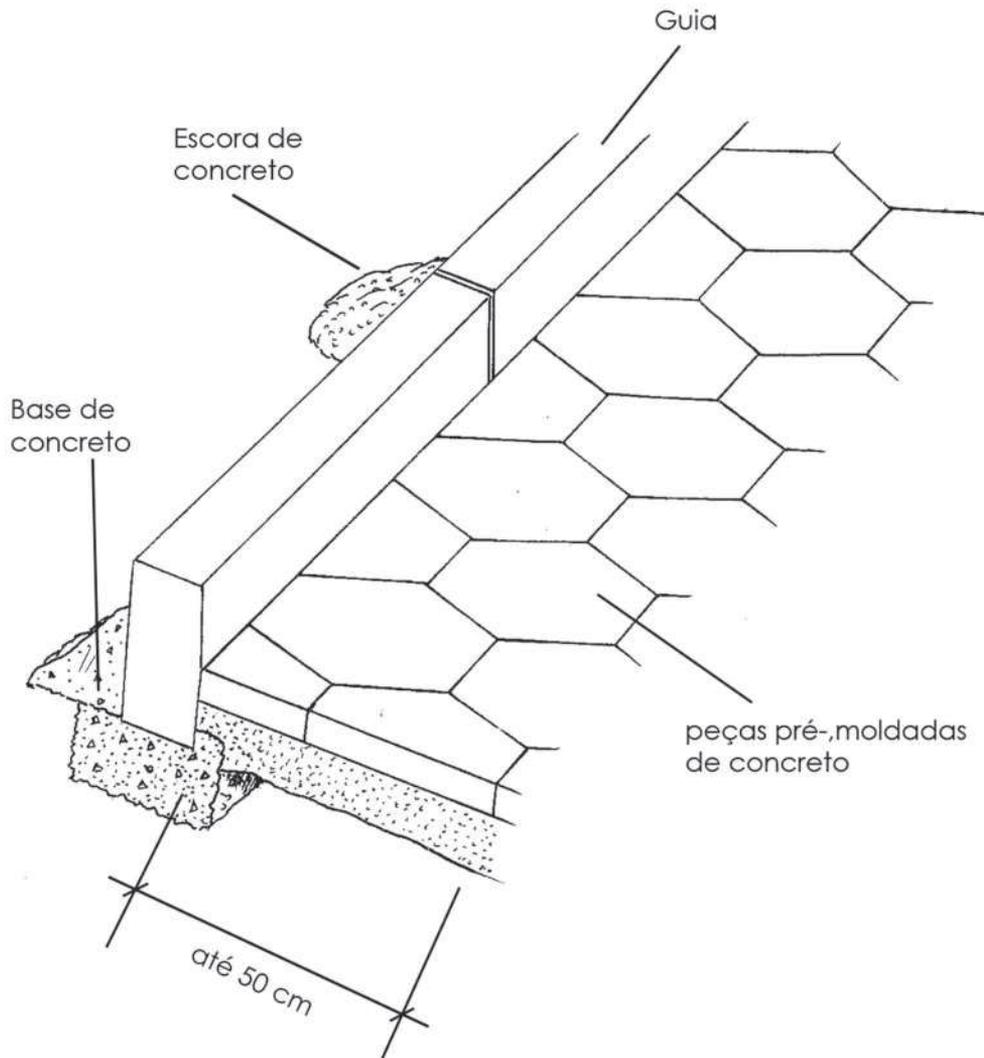


- 1 - Colchão de assentamento
- 2 - Peças pré-moldadas de concreto
- 3 - Rejuntamento com areia grossa ou pedrisco
- 4 - Base de concreto com 0,75 m largura e 0,10m de altura
- 5 - Guia de granito ou concreto
- 6 - Escora de concreto

Travamento

Nos trechos em rampa e no final das vias deve-se realizar o travamento das peças pré-moldadas de concreto através da execução de um meio-fio enterrado, sendo, no caso de rampa a cada 20 cm de via. Este meio-fio deverá ser de preferência de concreto. Sua execução deverá ser realizada conforme mostra a figura ao lado.

SARGETA DE PEÇAS PRÉ-MOLDADAS DE CONCRETO



Sarjetas com peças pré-moldadas de concreto

No caso de pavimentos executados sem sarjetas de concreto, as peças pré-moldadas de concreto, na faixa de 50 cm da borda da guia, que terá a função de sarjeta, deverão ser rejuntadas com argamassa de cimento e areia.

Abertura ao trânsito

A liberação ao trânsito poderá ocorrer imediatamente após a conclusão dos serviços.

Solo-cimento e solo-cal

Definição / finalidade

Trata-se de uma camada compactada de misturas de solo com cimento ou solo com cal. As proporções dependem diretamente do tipo de solo e somente poderão ser determinadas por ensaios de laboratório. Sua melhor aplicação se dá como solução de trechos críticos planos que apresentem areiões ou formação permanente de atoleiros ou em trechos de rampa.

Execução

Por se tratar de uma solução que depende de ensaios laboratoriais e rígido controle tecnológico da execução, recomenda-se que, uma vez decidida, seja contratada firma especializada.

PROBLEMAS MAIS COMUNS EM UMA ESTRADA DE TERRA CAUSAS E SOLUÇÕES

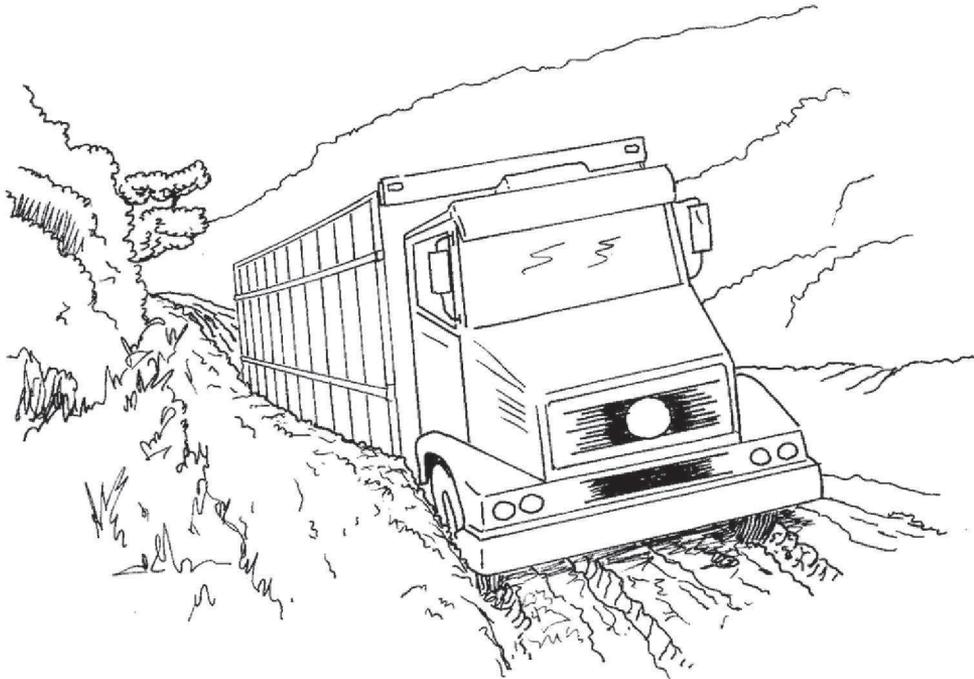
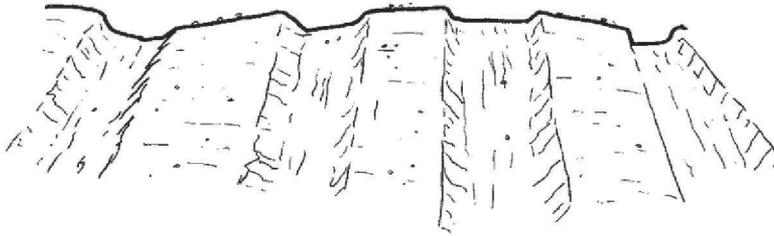
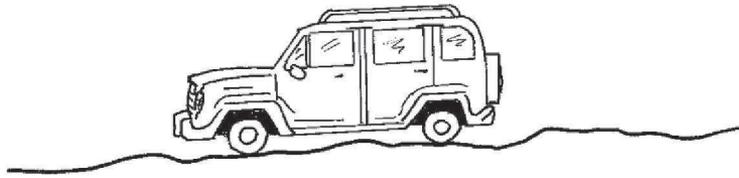
De acordo com os itens anteriores, pode-se entender que os problemas mais comuns de uma estrada de terra têm como causas principais:

- A falta de capacidade de suporte do subleito;
- O mau desempenho da superfície de rolamento;
- A deficiência do sistema de drenagem.

Deve estar claro que as deficiências de drenagem sempre colaboram para o agravamento dos problemas, mesmo não sendo a sua causa original.

Os problemas mais comuns de uma estrada de terra são:

- ONDULAÇÕES
- RODEIROS
- ATOLEIROS
- AREIÕES DE ESPIGÃO
- AREIÕES DE BAIXADA
- EXCESSO DE PÓ
- ROCHA AFLORANTE
- PISTA MOLHADA DERRAPANTE
- PISTA SECA DERRAPANTE
- “COSTELAS DE VACA”
- SEGREGAÇÃO LATERAL
- BURACOS
- EROSÕES



➤ Ondulações, rodeiros, atoleiros

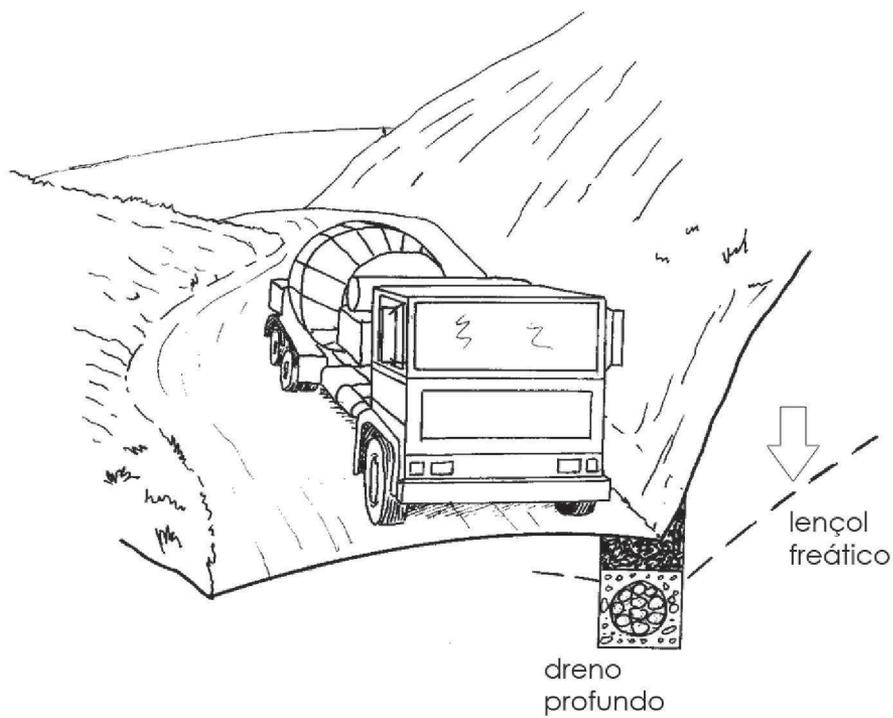
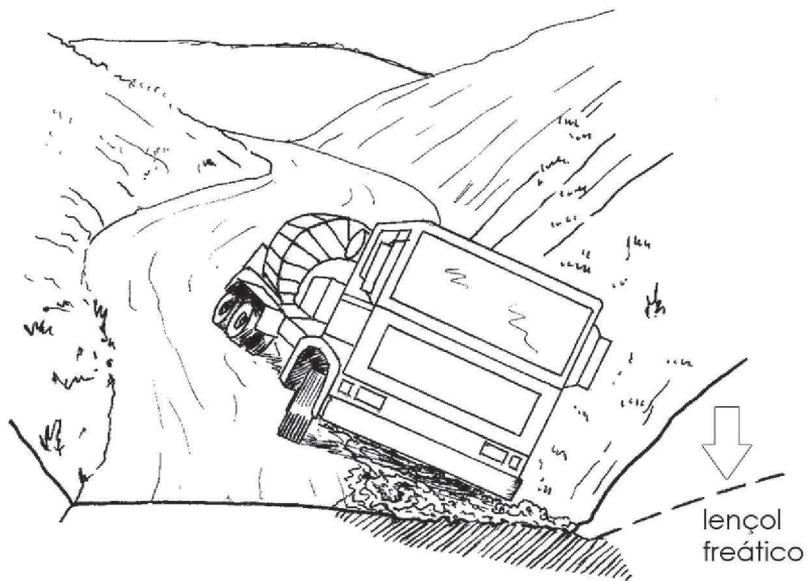
Causa

Falta de capacidade de suporte do subleito e ausência ou deficiência do sistema de drenagem.

Correção

A correção desses problemas deve-se iniciar com a retirada de água acumulada no local através de valetas e sangras.

Em seguida, coloca-se uma camada de reforço. Sobre esta, executa-se o revestimento primário ou então o agulhamento, segundo as orientações apresentadas anteriormente.

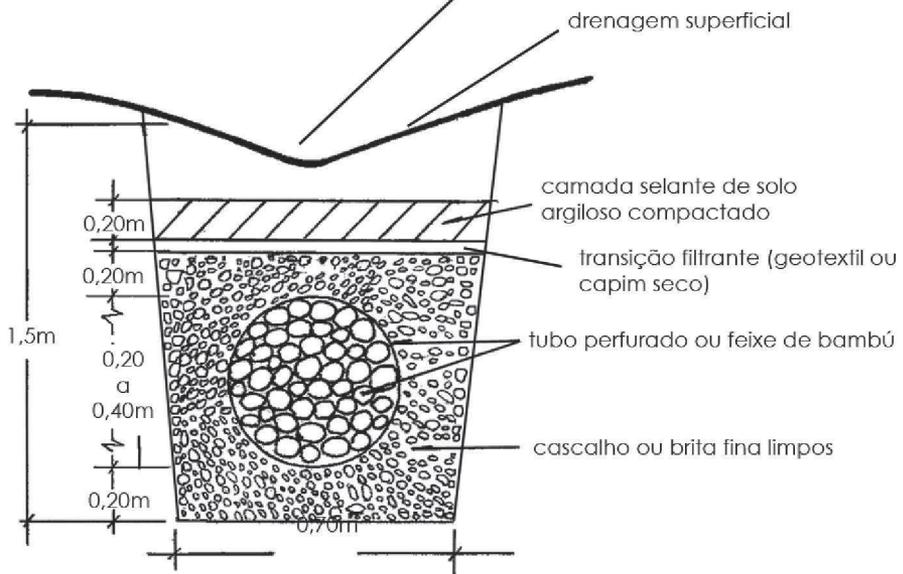
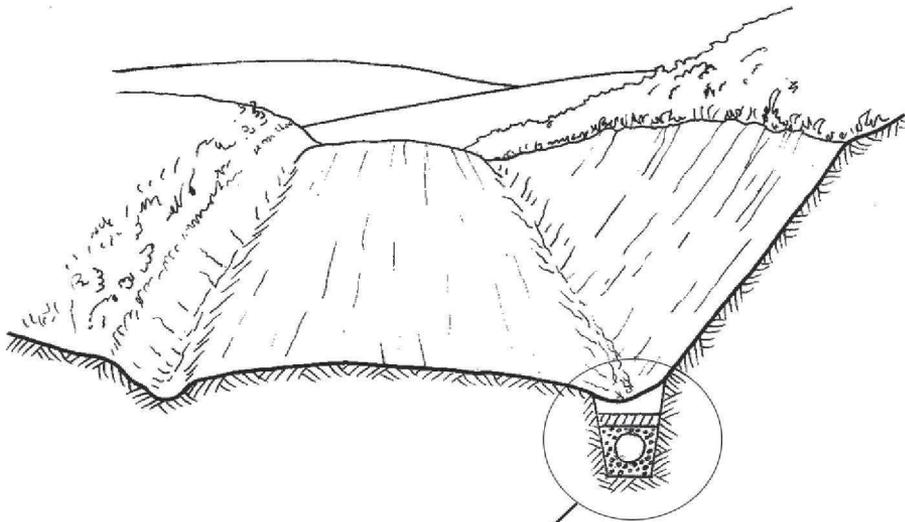


Os atoleiros, em muitos casos, também são formados devido à presença de água do lençol subterrâneo no leito da estrada.

A correção, neste caso, não envolve necessariamente camada de reforço e revestimento primário, sendo o problema resolvido através da execução de dreno profundo de pé de talude.

A profundidade do dreno é de cerca de 1,5 m, e o comprimento depende da extensão do trecho problemático.

DRENO PROFUNDO



Execução do dreno profundo de pé de talude

- Abrir uma valeta na borda da estrada acompanhando a mina d'água com declividade mínima de 1%;
- Revestir a valeta com geotextil;
- Encher o fundo da valeta com uma camada de 20 cm de cascalho limpo;
- Colocar no centro da valeta uma linha de tubos perfurados com diâmetro de 20 a 25 cm ou um feixe de bambu com diâmetro de 30 a 40 cm;
- Preencher os espaços e recobrir os tubos ou feixe de bambu com mais 20 cm de cascalho limpo;
- Fechar o geotextil sobre o cascalho;
- Colocar sobre o cascalho uma camada de capim ou sacos plásticos;
- Sobre esta camada colocar outra de argila compactada (20 cm) para fechar o dreno;
- Completar o reaterro com solo argiloso compactado;
- Dar saída lateral para a água colhida pelo dreno.

➤ Areiões de espigão

Causa

Em regiões de solos arenosos, onde é muito pequena ou inexistente a ação do componente ligante (argila), é comum a formação de “areiões”, pela ação combinada do tráfego e da lavagem do material pela água de chuva. São trechos por vezes bastante extensos, onde a plataforma é dominada por uma camada de areia solta que, em tempo seco, torna-se um sério problema para a continuidade e segurança do tráfego.

Correção

Executar o revestimento primário na modalidade mistura de argila com a areia do leito na proporção de 1 :2,5, segundo as orientações apresentadas anteriormente, ou confinamento com revestimento primário de outra modalidade.

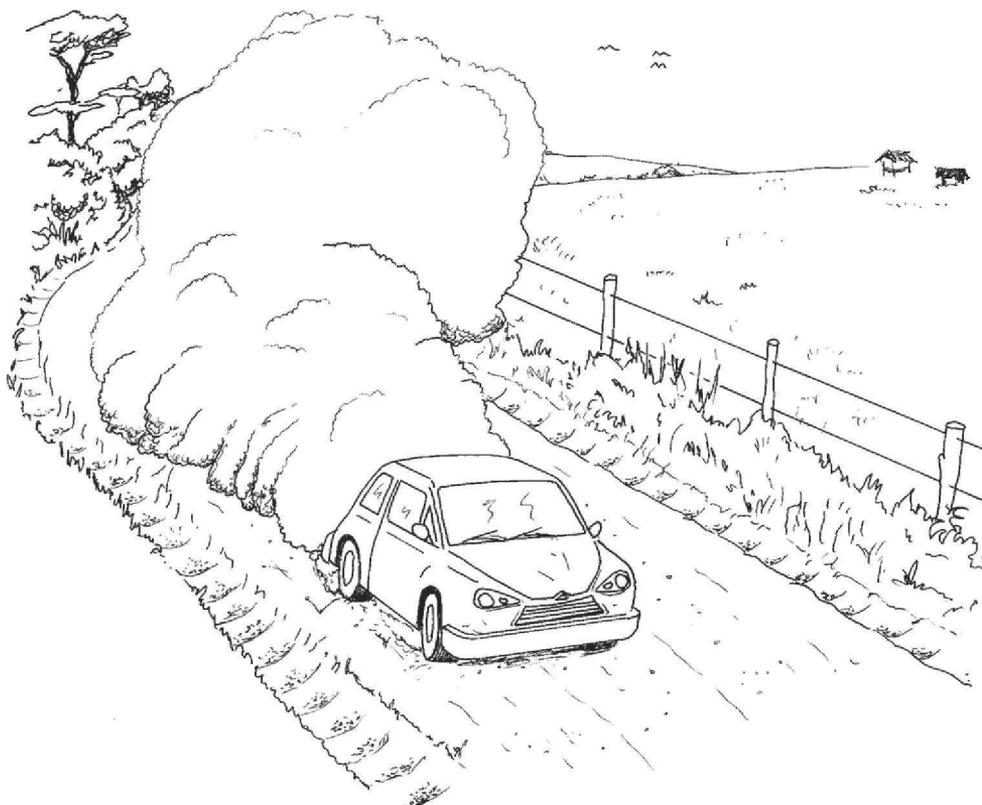
➤ **Areiões de baixada**

Causa

Em regiões de solos arenosos é também comum a formação de “areiões” em trechos de baixada. Para a formação destes areiões a maior colaboração é da areia trazida por água proveniente dos trechos altos adjacentes.

Correção

Idêntica à do areião de espigão. Neste caso é fundamental o combate à erosão dos trechos altos, caso contrário novas camadas de areia se acumularão sobre o trecho de baixada.



➤ Excesso de pó

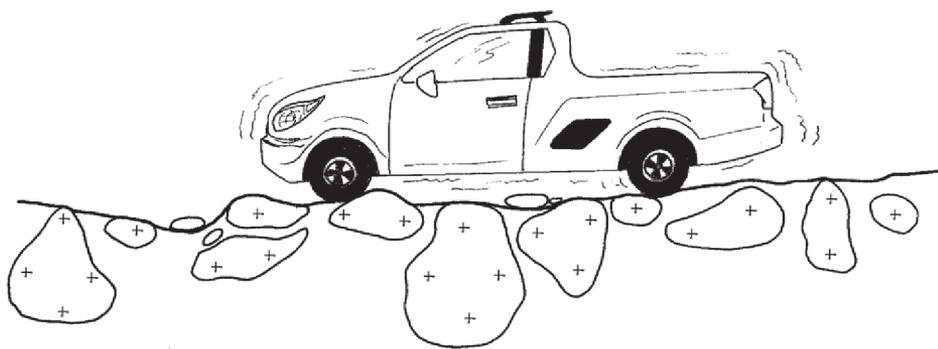
Causa

Abundância de material fino não coesivo no leito da estrada, que forma nuvens de poeira na época de seca, colocando em risco a segurança do tráfego devido a falta de visibilidade, reduzindo a vida útil dos motores dos veículos e afetando a saúde dos moradores lindeiros.

Correção

Uma das melhores correções para esse problema é um revestimento primário selante. No caso dos solos finos siltosos este problema se agrava, pois a formação de poeira é mais intensa e a capacidade de suporte deste material é baixa.

Neste caso, além do revestimento primário, é necessário o reforço do subleito.



➤ Rocha aflorante

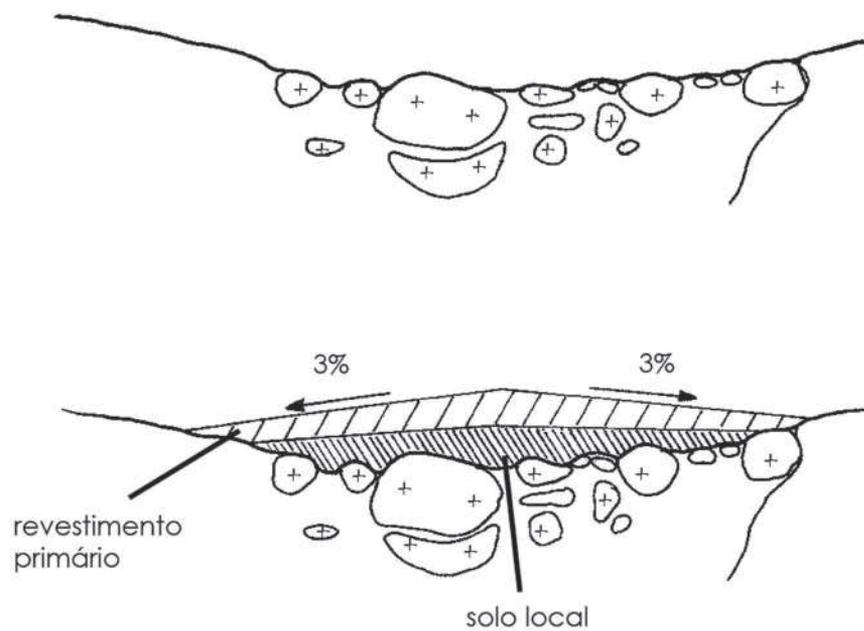
Causa

Em regiões onde a camada de solo é pouco espessa ou onde ocorre grande quantidade de blocos disseminados no solo, a ação de processos erosivos ou a constante patrolagem pode expor o leito rochoso. Neste caso, a pista se torna bastante irregular, prejudicando ou mesmo inviabilizando o tráfego.

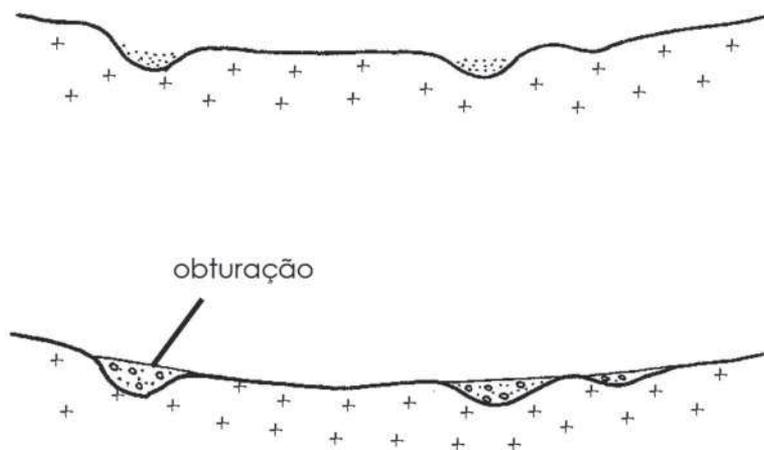
Correção

A correção desse problema pode ser conseguida com uma camada de revestimento primário de cobertura, ou pela obturação das cavidades com pedra e argamassa de cimento, quando o trecho for curto.

LEITO IRREGULAR COM PONTAS DE PEDRA



LEITO IRREGULAR DE LAJE COM BURACOS



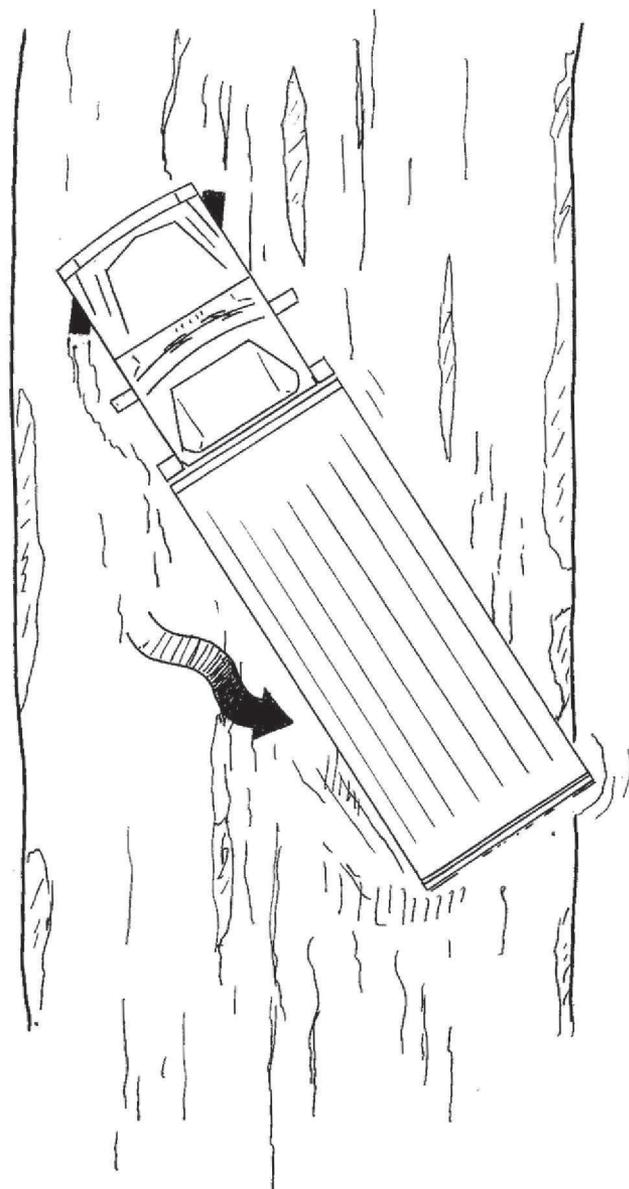
Execução dos serviços em trecho com rocha aflorante

1. Leito irregular com pontas de pedra

- Preenchimento das cavidades e buracos com solo local e, sobre este, execução de revestimento primário ou material granular, caso o local seja argiloso.

2. Leito irregular de laje com buracos

- Limpeza das cavidades ou buracos com remoção das pedras soltas eventualmente existentes;
- Lavagem da superfície;
- Obturação com pedras e argamassa de cimento.



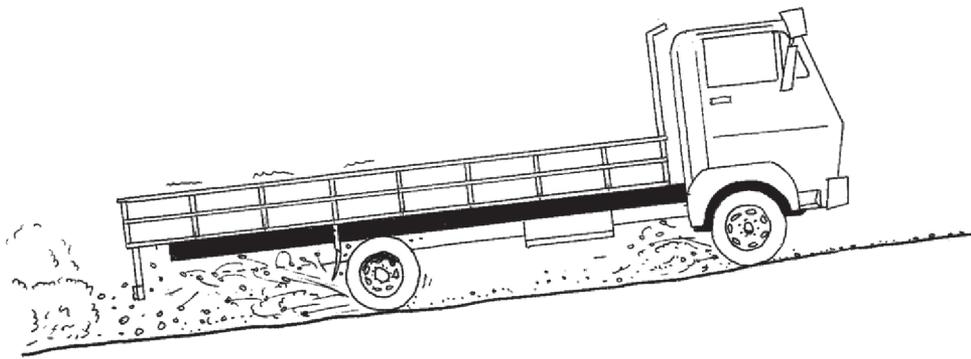
➤ **Pista molhada derrapante**

Causa

Trechos muito argilosos, quando muito úmidos, ficam praticamente sem atrito e aderência. A pista se torna escorregadia, levando riscos ao tráfego e à segurança, ou até impossibilitando sua continuidade quando o fenômeno ocorre em rampas.

Correção

Se a capacidade de suporte for boa, como acontece na maioria dos trechos de argila vermelha laterítica, a correção pode ser feita com o agulhamento de material granular diretamente sobre o leito, segundo orientações apresentadas anteriormente.



➤ Pista seca derrapante

Causa

Surge onde o “encascalhamento” foi feito com material granular de qualquer dimensão sem ligante (argila). Pode aparecer também em terrenos onde o leito natural é formado por material granular ou pedras pequenas, ou através da deterioração de um tratamento primário mal executado, pobre em ligante (argila).

Correção

A correção nestes casos é a mesma da “costela de vaca”, apresentada a seguir. No caso do material granular ser muito grosseiro e o leito ser argiloso, pode-se realizar um agulhamento.



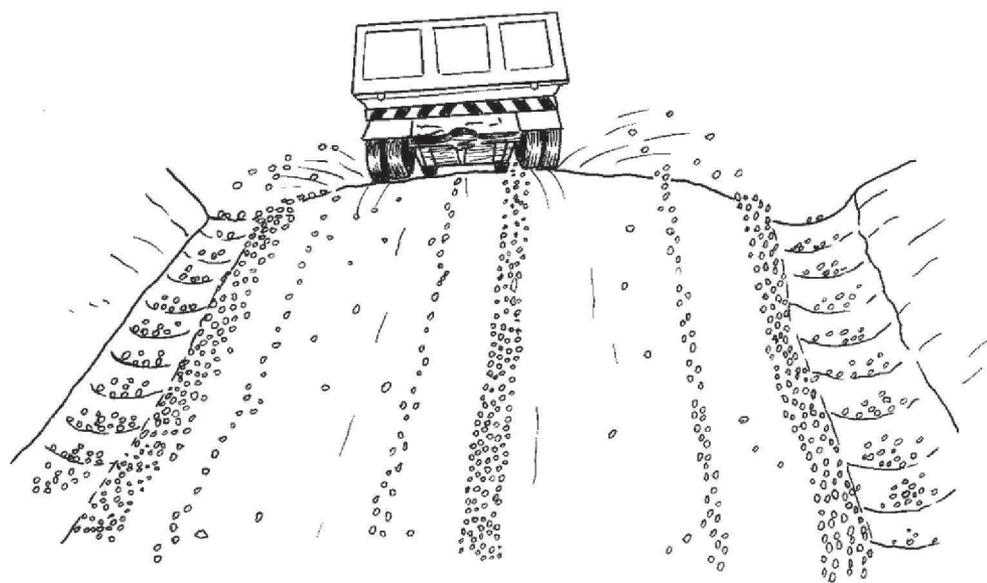
➤ **Costelas de vaca**

Causa

Esse problema surge principalmente em trechos arenosos e em trechos onde o leito foi “encascalhado” com material granular sem ligante (argila). O tráfego vai acumulando o material em ondulações transversais à estrada, causando violenta trepidação nos veículos.

Correção

A correção desse problema é feita com a substituição do material granular superficial por revestimento primário ou material granular agulhado no leito, se esse for argiloso.



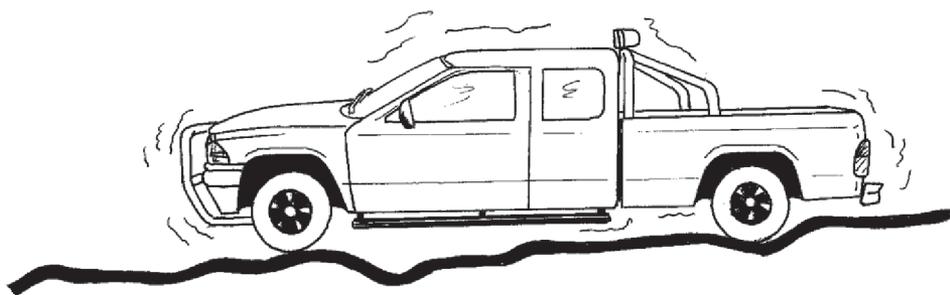
➤ Segregação lateral

Causa

O material granular de qualquer dimensão, superficial, sem ligante (argila), é lançado pelo tráfego para as laterais da estrada.

Correção

A correção, neste caso, consiste na mistura do material existente com material ligante (argila), substituição por revestimento primário ou execução de agulhamento.



➤ Buracos

Causa

A formação de buracos se dá pela contínua expulsão de partículas sólidas do leito quando da passagem de veículos sobre um local onde há empoçamento de água. Ou seja, o aparecimento de buracos é um sintoma de uma plataforma mal drenada (provavelmente sem abaulamento transversal) e/ou a inexistência de tratamento primário, ou então deficiência do componente ligante (argila), do próprio tratamento primário.

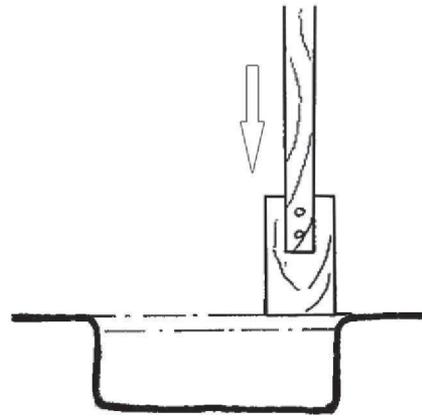
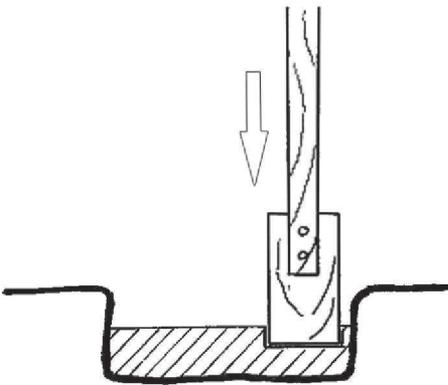
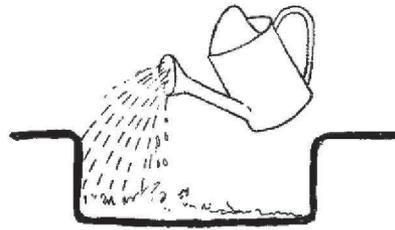
O abaulamento transversal tem por objetivo drenar as águas para as canaletas laterais, não permitindo que estas empocem ou escoem ao longo da pista de rolamento.

Correção

A correção desses problemas deve começar pela drenagem das águas da plataforma através do abaulamento transversal, valetas e sangras.

Caso constatado o problema, deverá ser procedido o revestimento primário com a devida proporção da componente argilosa.

Os buracos isolados devem, em seguida, ser obturados, conforme técnica descrita a seguir.



Obturação de buracos isolados

- Retificação, limpeza e umedecimento;
- Compactação em camadas com material usado para revestimento primário (umedecer as camadas, se necessário).

ATENÇÃO! Nunca uma estrada esburacada deverá ser restaurada por execução da raspagem da pista por uma patrol tendo-se a base dos buracos como nova cota da pista. Como já afirmado, esse processo leva ao progressivo rebaixamento da cota da pista, originando uma estrada encaixada e a exposição de solos sucessivamente mais vulneráveis à erosão. Como regra, tenha-se que a correção dos buracos deve se dar sempre por acréscimo de material, nunca por retirada de material.

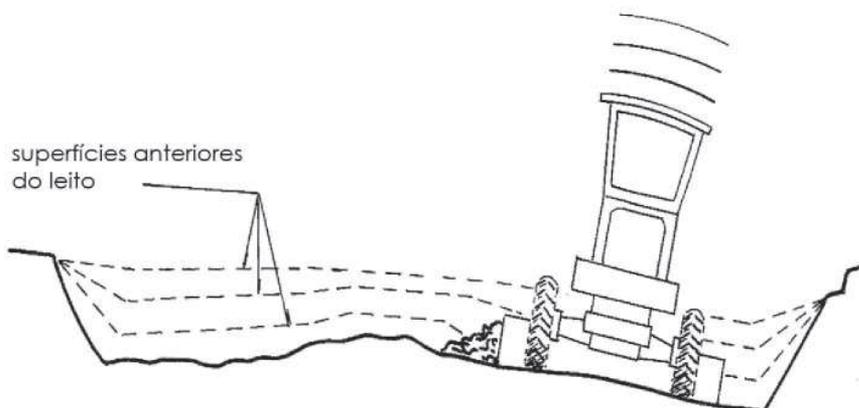
➤ Processos erosivos

Dos problemas que normalmente afetam as estradas de terra os processos erosivos são aqueles de maior poder destrutivo e que, sem controle e correção, implicam em situações de completa interrupção de tráfego.

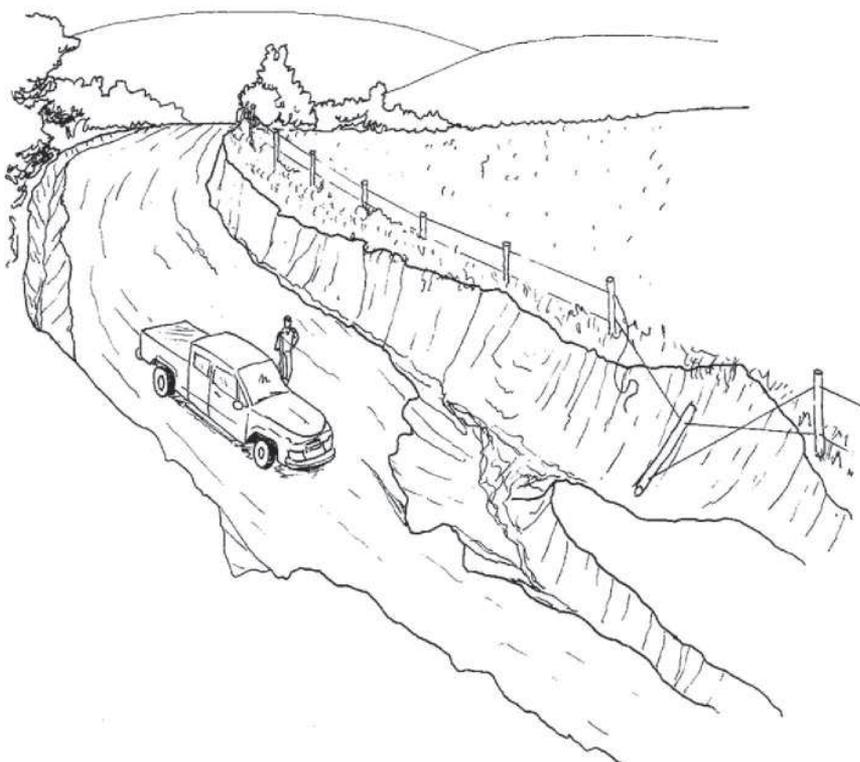
Note-se que as ocorrências de erosões nas estradas de terra afetam não só as pistas de rolamento, mas também são uma das principais causas da geração de ravinas e boçorocas e do assoreamento de rios e lagos do meio rural.

É importante perceber que uma estrada intercepta e canaliza as águas pluviais de escoamento superficial, concentrando-as e, com isso, aumentando seu poder erosivo. Ou seja, os serviços de drenagem, que vão disciplinar a captação, a condução e a destinação das águas pluviais colhidas pela estrada são vitais para seu próprio desempenho técnico como também para sua interação positiva com o ambiente rural que a cerca.

APROFUNDAMENTO PROGRESSIVO DO LEITO POR PATROLAGEM SISTEMÁTICA



FALTA DE UM EFICIENTE SISTEMA DE DRENAGEM



Causas

1. O aprofundamento do leito viário atingindo solos mais erodíveis.

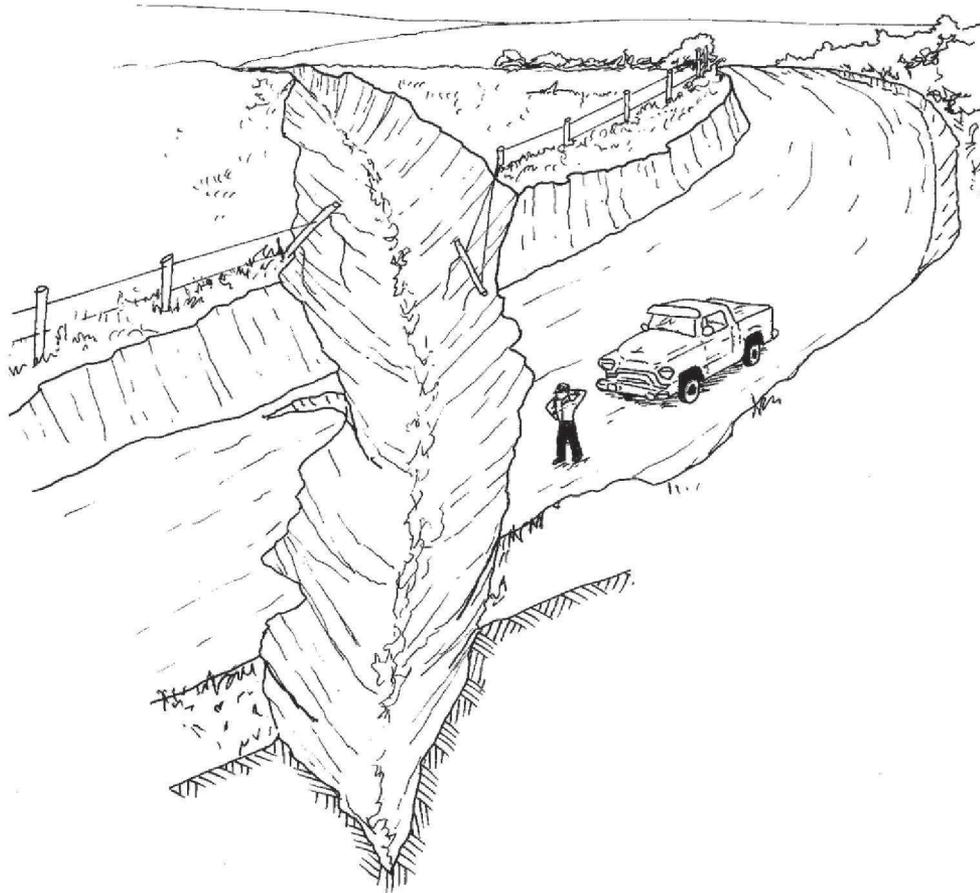
Os processos erosivos são tão maiores quanto maior for a energia das águas que escoam pela estrada e quanto menor for a resistência dos solos locais à erosão.

Desse fato ressalta mais uma vez a importância de conservar a estrada o quanto possível sobre solos superficiais mais argilosos, pois que os solos mais profundos, alcançados pelo progressivo “encaixamento” da estrada, normalmente pelo indiscriminado e equivocado uso da patrolagem sistemática, são muito mais erodíveis que os superficiais.

O encaixamento ainda tem como consequência negativa a dificuldade de abertura de saídas laterais (sangras), tão necessárias para a redução do volume de águas pluviais que escoam ao longo da estrada.

2. A falta de um eficiente sistema de drenagem.

Os processos erosivos que levam à destruição da estrada podem ocorrer na própria pista ou em suas valetas laterais. Se não corrigidos transformam-se em profundas ravinas extremamente perigosas para o tráfego ou até impeditivas para o tráfego.



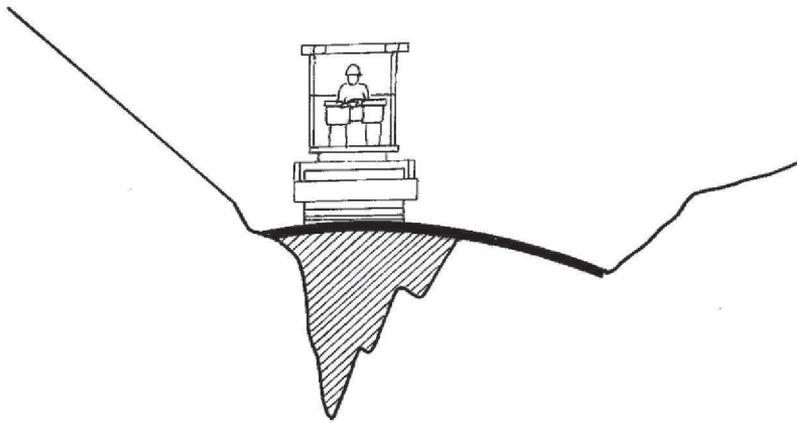
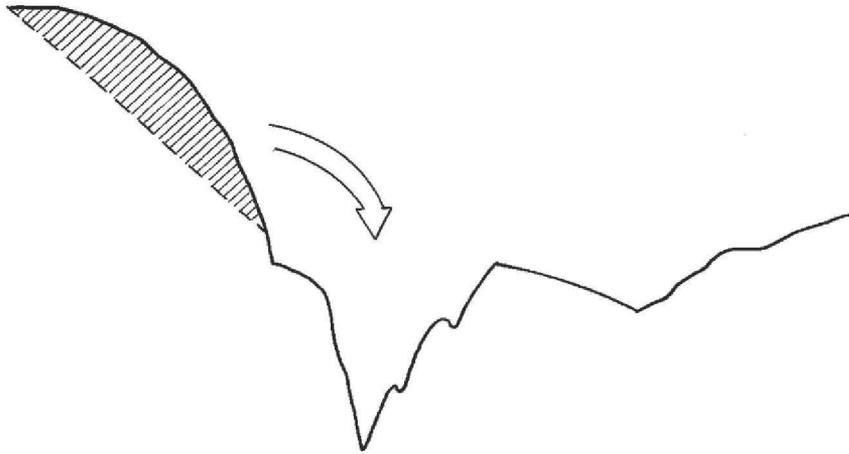
Erosões em ravina

Causa

As erosões em ravina representam um dos mais sérios problemas das estradas de terra e têm como causa a falta ou deficiência de um sistema de drenagem adequado.

Elas surgem, inicialmente, na forma de sulcos onde os solos têm baixa resistência à erosão e, sob a ação de enxurradas, evoluem para grandes ravinamentos.

Há ocasiões em que estas erosões chegam até o nível das águas do aquífero freático, o qual passa a participar do processo erosivo. Em tal situação, as ravinas são denominadas boçorocas, cujo desenvolvimento pode apresentar grandes dimensões e rápida evolução, implicando em interrupção do tráfego.



Correção

O combate à erosão se dá através da implantação de um eficiente sistema de drenagem, o qual deve buscar os seguintes objetivos:

- Retirar o máximo possível a água da plataforma através de sangrias;
- Evitar que as águas escoem ou empocem sobre a pista de rolamento, executando o abaulamento transversal com declividade em torno de 3%; proteger o sistema de drenagem (canaletas laterais).

O combate à erosão é difícil e trabalhoso, necessitando acompanhamento e conservação constantes das soluções adotadas. Em situações de ocorrência de boçorocas, em que o mecanismo é complexo e inclui a água subterrânea como agente erosivo, além da ação das águas de escoamento superficial, há necessidade de um estudo mais abrangente do problema para a recuperação efetiva do local. Os custos dessa recuperação, nestes casos, são, em geral, muito elevados.

Execução de serviços para correção de erosões

- Preenchimento dos sulcos ou ravinas com solo preferencialmente argiloso compactado;
- Preenchimento dos últimos 30 cm com mistura própria de revestimento primário, compactação com rolo compressor, ou manualmente, conforme a dimensão da cavidade.

No caso da plataforma apresentar sulcos de erosão de menor porte e em quantidade ainda pequena, essas erosões deverão ser corrigidas da mesma forma que as dos buracos isolados. Caso esses sulcos pequenos atinjam a plataforma de modo generalizado, haverá a necessidade de reconstituição total da pista com revestimento primário.



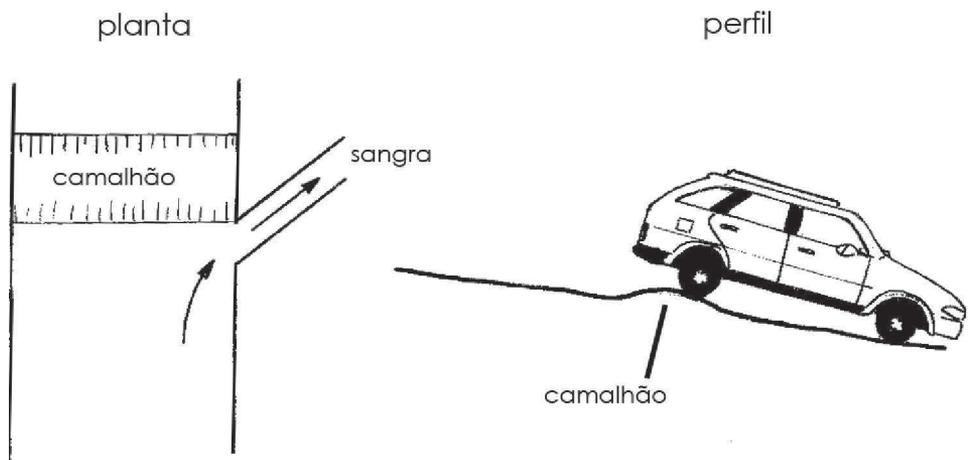
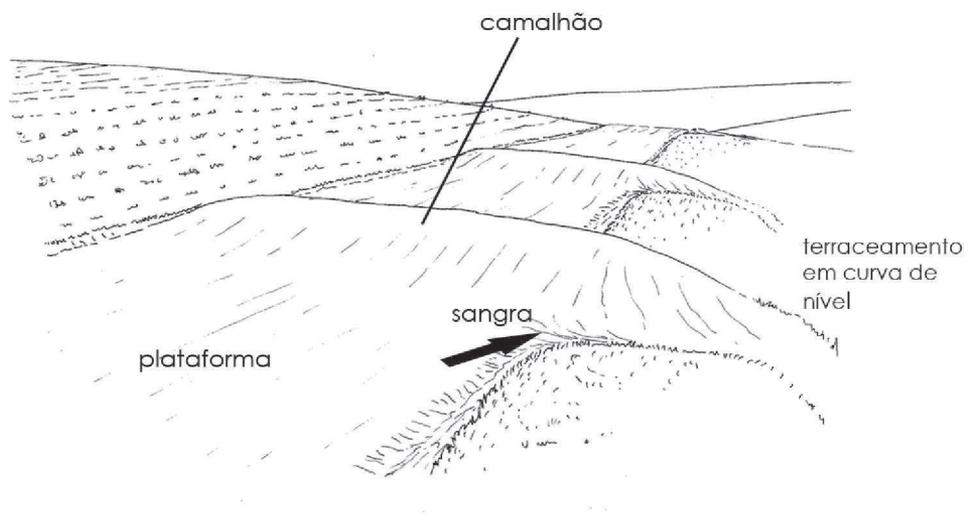
Obras de prevenção contra erosão

Para se evitar que ocorram problemas de erosão na plataforma da estrada, devem-se tomar as seguintes medidas:

- Abaulamento transversal e canaletas laterais

O abaulamento transversal tem por objetivo direcionar as águas superficiais para as canaletas laterais, não permitindo que estas empocem ou escoem ao longo da pista de rolamento. É aconselhável o revestimento dessas canaletas com grama.

Em regiões onde houver argila, a canaleta poderá ser revestida nos trechos mais críticos (principalmente rampas) com este material, compactando-se o mesmo para melhorar seu desempenho. Outra alternativa para quando o processo erosivo se mostrar muito intenso são revestimentos com solo cimento ou mesmo canaleta de concreto, preferencialmente moldadas no local.



Sangras

As águas devem ser retiradas da plataforma através de canaletas laterais. Essas canaletas ou levam as águas diretamente para um sistema de drenagem natural ou as conduzem para terrenos vizinhos através de sangras. No segundo caso, deverão ser conduzidas em curvas de nível para evitar erosões nesses terrenos.

O espaçamento entre as sangras depende:

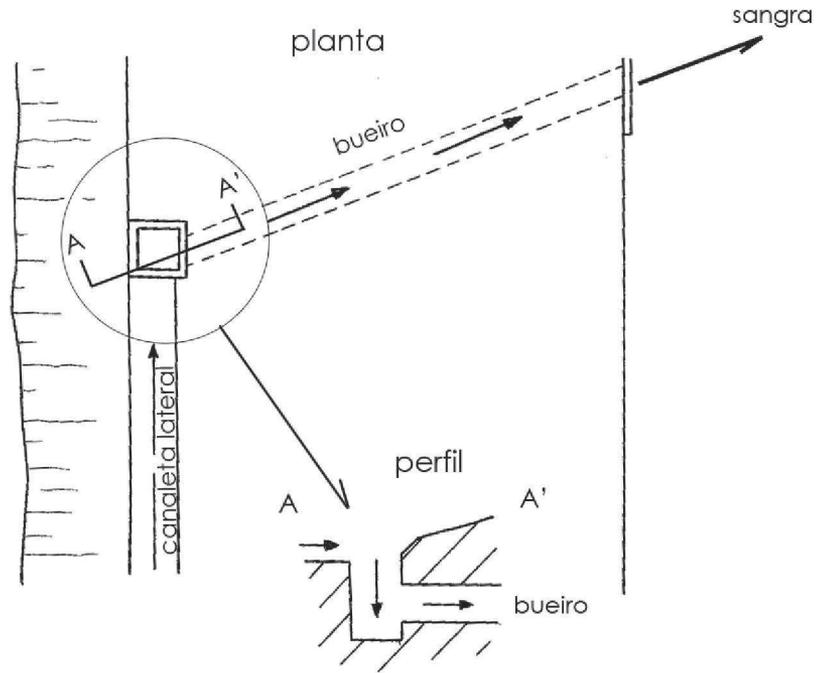
- Da declividade do leito da estrada;
- Do volume de água da canaleta, que é função da área de contribuição de águas superficiais que convergem para a estrada; e
- Da extensão do trecho considerado.

Como sugestão prática, o espaçamento inicial médio entre as sangras deverá ser de 20 m. para trechos inclinados e de 40 m para trechos mais planos. Esse espaçamento deverá ser diminuído de acordo com as observações de desempenho.

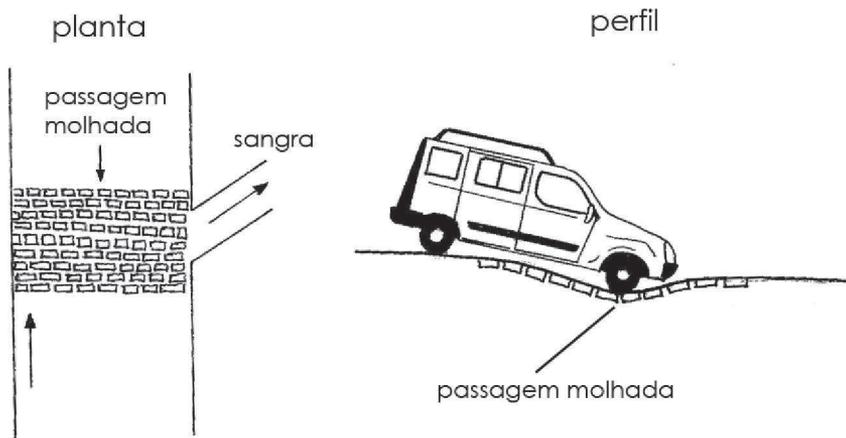
Em regiões cultivadas, as sangras devem lançar as águas nos terraceamentos de curvas de nível.

Em certas situações é necessária a execução de camalhões para forçar a água a sair pela sangra. Nesse caso, é importante sinalizar o trecho, visando dar maior segurança ao usuário.

BUEIRO



PASSAGEM MOLHADA



Bueiro e Passagem Molhada

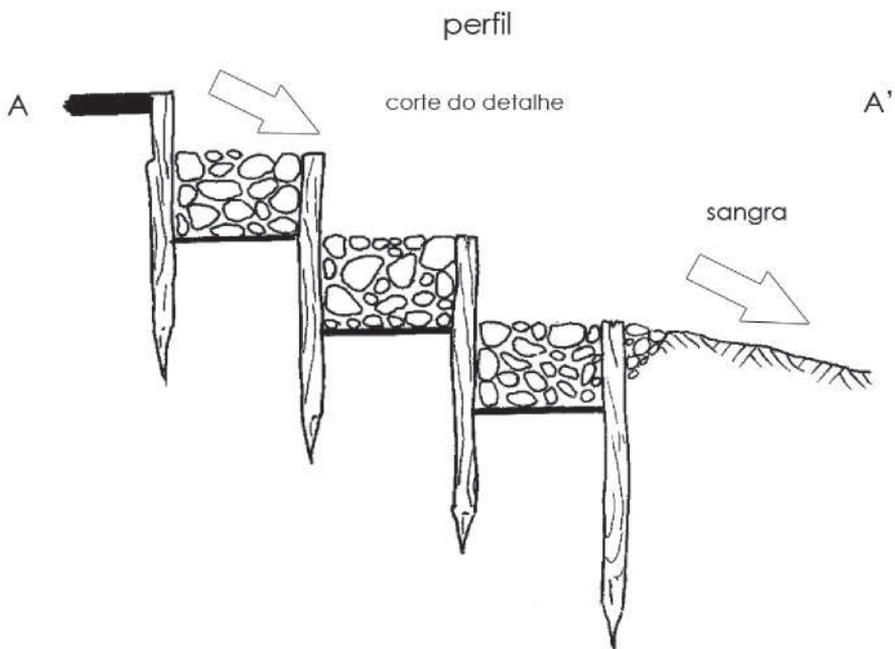
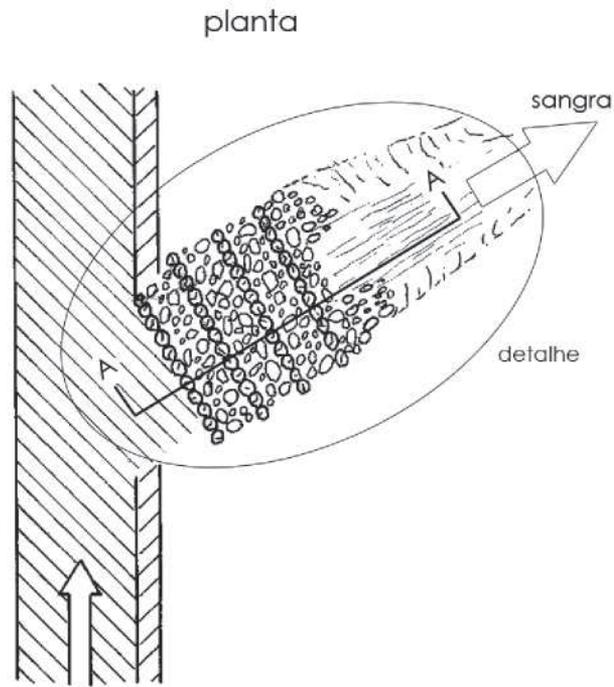
Na impossibilidade de se implantar a sangra de um dos lados da estrada, há necessidade de se fazer bueiros ou passagens molhadas, para que a água possa ter saída do lado oposto.

As dimensões do bueiro devem ser calculadas através dos métodos usuais.

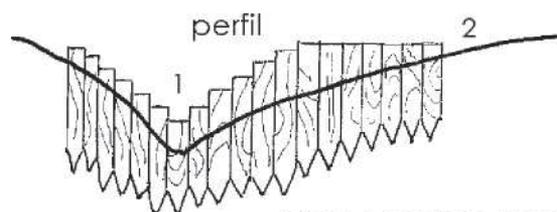
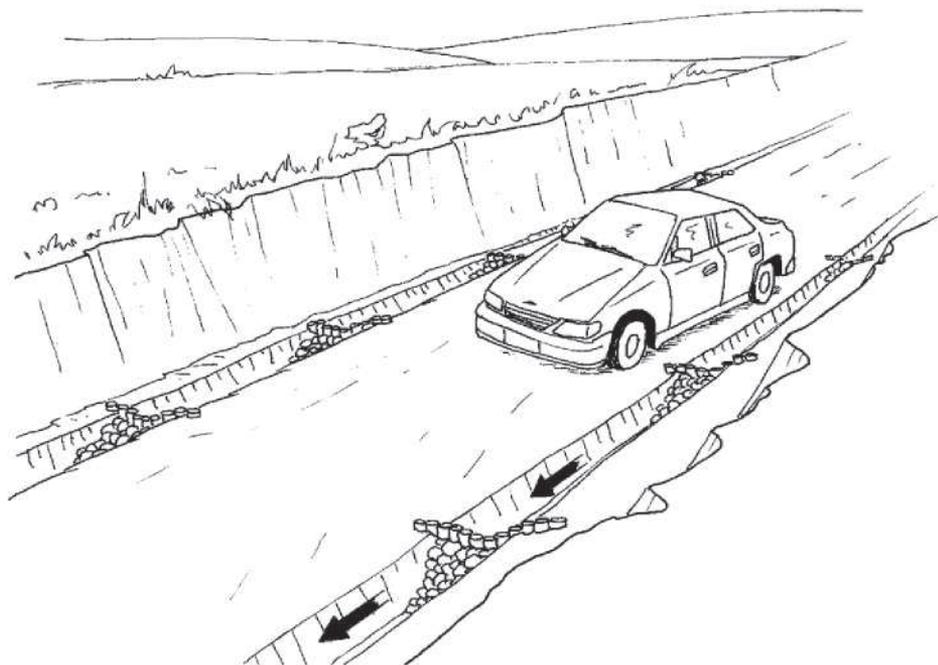
Deve ter no mínimo 40 cm de diâmetro, podendo ser de tubo de concreto ou feito com pedra de mão rejuntada com argamassa, sendo que seu topo deverá estar a uma profundidade no mínimo igual a uma vez e meia seu diâmetro.

A caixa do bueiro deve ter no mínimo 0,50 x 0,50 x 1,10 m, devendo ser ampliada de acordo com o aumento do volume de água que corre nas valetas. Deve ser feita preferencialmente de concreto ou pedra rejuntada com argamassa.

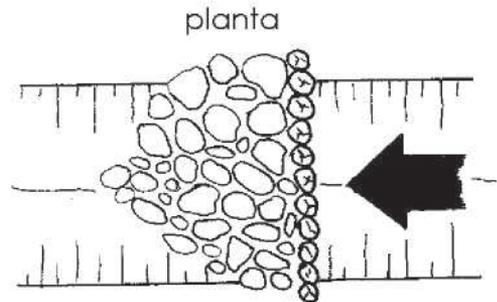
A passagem molhada é um dispositivo para facilitar a travessia da água pela estrada, sem provocar erosão na plataforma. É executada por um rebaixamento transversal do leito e protegido com paralelepípedo ou material semelhante.



Se houver necessidade (solo muito erodível), deve-se proteger as saídas das sangras. Como exemplo, tem-se a proteção com pedras e estacas de madeira tratada, colocadas na forma de escada.



Obs.: o ponto 1 deve sempre ficar mais baixo do que o ponto 2



Dissipadores de energia

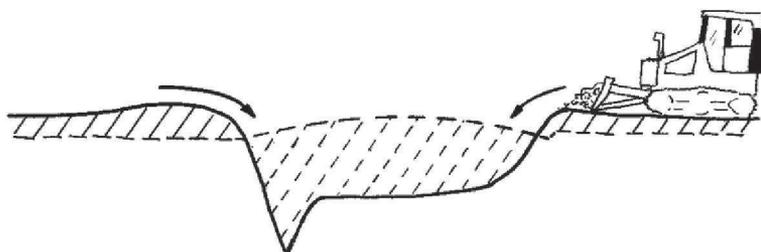
No caso de estradas encaixadas no terreno, tornando impossível a execução das sangras, há necessidade de se diminuir a velocidade e se dissipar a energia da água até a sangra ou bueiro mais próximo, o que se faz com pequenas barragens de estacas e pedra, escadas ou caixas de acumulação e dissipação.

Quanto menor for o espaço entre os dissipadores, mais eficiente será o sistema.

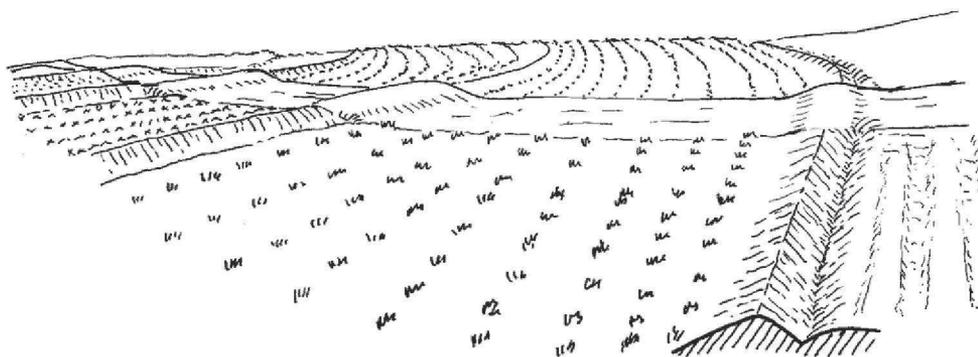
No caso de não haver pedras e estacas disponíveis, pode-se fazer as pequenas barragens ou escadas, com sacos de aniagem preenchidos com solo-cimento. Faz-se uma mistura de solo local, preferencialmente arenoso, com cimento numa proporção que varia de 10: 1 a 20: 1, dependendo do tipo de solo. Umedece-se a mistura, que é colocada dentro do saco, e compactada com soquete manual.

A disposição dos sacos deve, sempre que possível, ser igual à utilizada na construção de parede de tijolo.

em execução



após execução



Quebra de Barranco

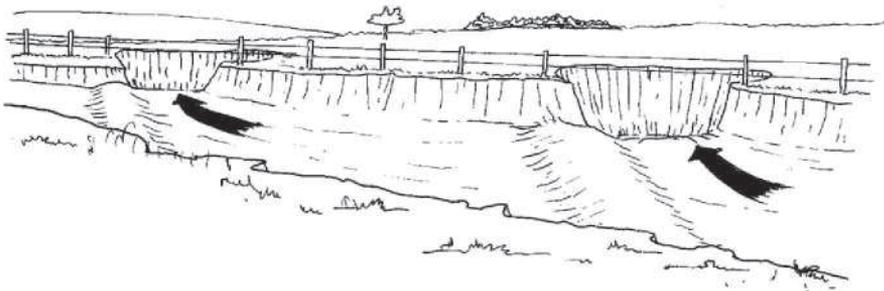
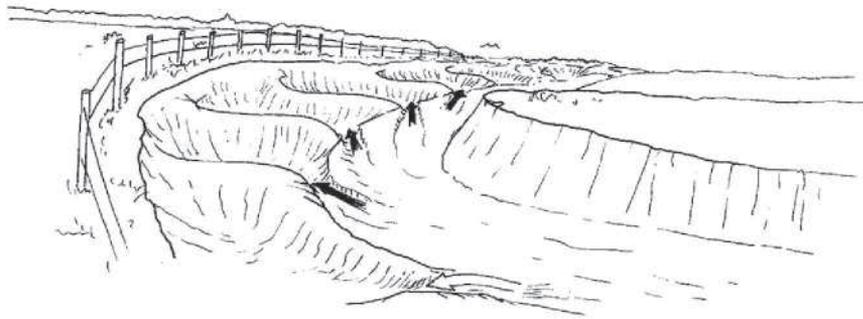
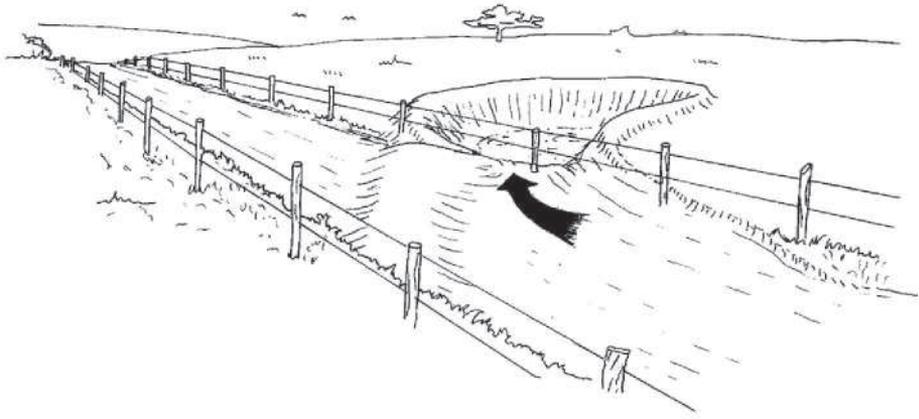
Outra alternativa para solucionar o problema de erosão em trechos encaixados longos é a elevação do leito da estrada de forma a possibilitar a implantação de sangras.

Para isto, a operação mais prática e econômica consiste no preenchimento do corte da estrada em camadas compactadas com cerca de 20 cm, aproveitando-se o material originado do abatimento dos taludes laterais e utilizando preferencialmente um trator de esteira, processo este denominado comumente de “quebra de barranco”.

Essa operação deve ser realizada da seguinte forma:

- Retirada e estocagem do solo vegetal da superfície do terreno natural;
- Corte do solo superficial e estocagem em quantidade suficiente para preencher cerca de 40 cm do leito da estrada que está sendo alteada;
- Corte e lançamento do solo sobre o leito a ser alteado em camadas com espessura, após compactação, de 20 cm;
- Executar o alteamento dos 40 cm finais em 2 camadas de 20 cm cada, utilizando o solo superficial estocado;
- Cobertura do terreno lateral com o solo vegetal estocado.

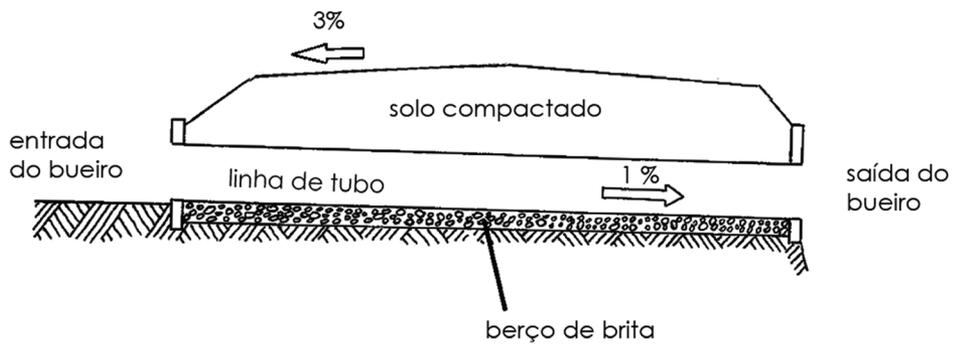
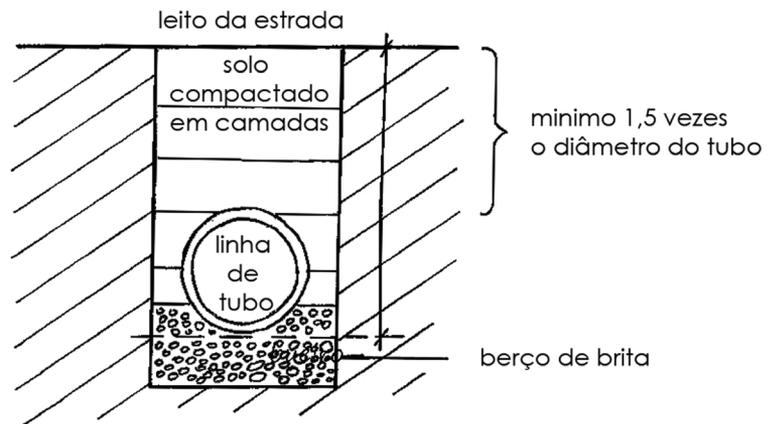
No caso de cortes muito encaixados e/ou muito largos, o volume necessário para elevar o leito seria muito grande, devendo-se, neste caso, adotarem-se dissipadores de energia, caixas de infiltração ou acumulação.



Caixas de infiltração ou acumulação

Em regiões de solos arenosos pode-se retirar a água da estrada lançando-se a mesma em caixas de infiltração ou acumulação. Tais caixas podem ser construídas em superfície natural, em plataformas encaixadas (quando a sua largura permitir), ou podem ainda ser construídas encaixadas nos barrancos laterais da estrada. O seu volume é variável em função da disponibilidade de área para sua localização.

As caixas de infiltração devem ser submetidas a manutenção após períodos de chuva para a retirada de material carregado pelo fluxo de água, assoreando as caixas, além da limpeza da película de argila que se forma e impede a infiltração.

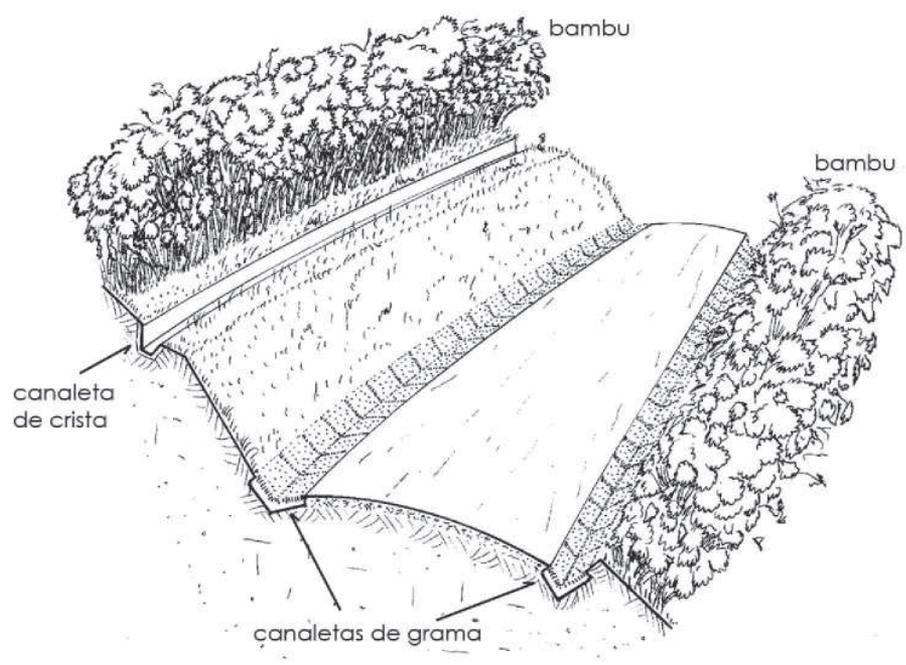
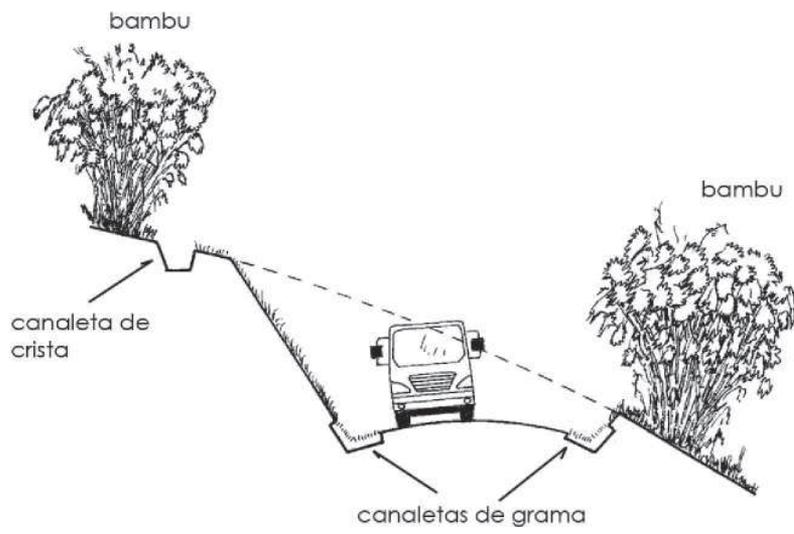


Características de um Bueiro

Os bueiros são elementos de drenagem que servem para transpor a água de um lado para outro da estrada ou dar passagem livre a drenagens naturais permanentes (córregos) ou temporárias (enxurradas).

Podem ser construídos com tubos de concreto, alvenaria, tambores metálicos tratados, etc.

Deve-se, em qualquer caso, obedecer o esquema construtivo ao lado, lembrando-se que seu topo deverá estar a uma profundidade mínima igual a uma vez e meia seu diâmetro ou altura, de modo que a tubulação não seja comprometida pelo tráfego.



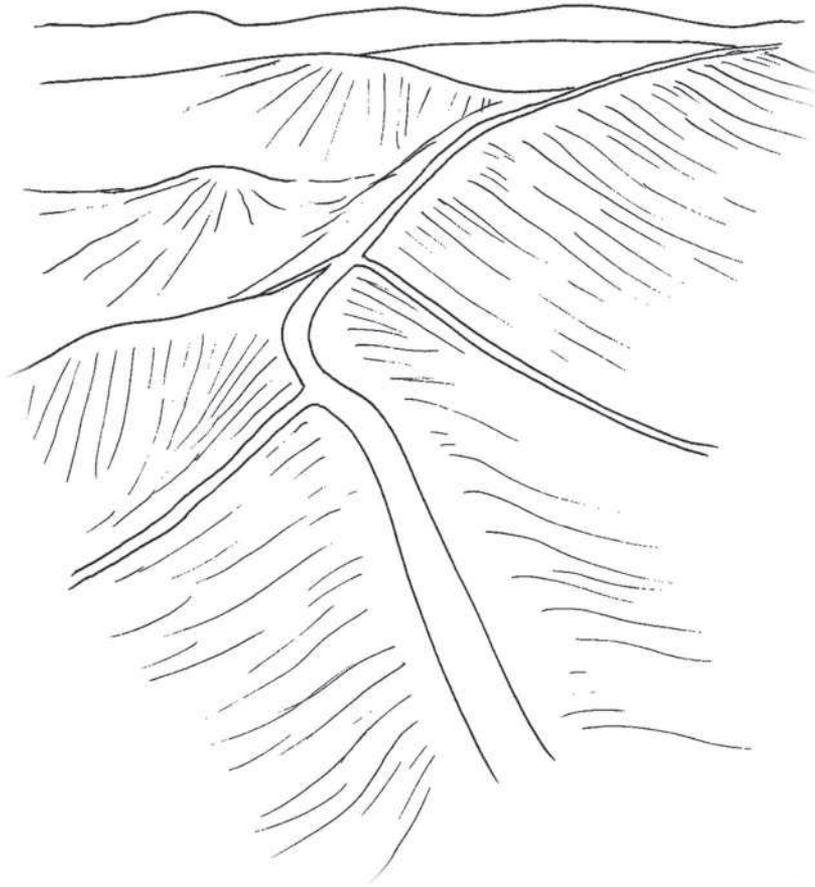
Proteção vegetal

A cobertura vegetal é um expediente de primeira qualidade para a proteção de solos expostos aos processos erosivos. Recomenda-se sempre a utilização de espécies vegetais locais, já adaptadas às condições ambientais da região.

São extremamente úteis nas seguintes situações:

- Cristas dos taludes: touceiras de qualquer tipo de gramínea (ex: erva cidreira);
- Superfície dos taludes: gramíneas e espécies arbustivas de pequeno porte;
- Canaletas laterais: gramíneas;
- Encostas acima da crista dos taludes: touceiras de bambu;
- Encostas abaixo do nível da estrada: touceiras de bambu.

OBSERVAÇÃO: Caso haja alguma dificuldade com a implantação das proteções vegetais na superfície dos taludes de corte, poderá ser utilizada a técnica Cal-Jet, que consiste na pulverização de uma calda de cal sobre a superfície do talude utilizando-se pulverizadores costais agrícolas comuns.



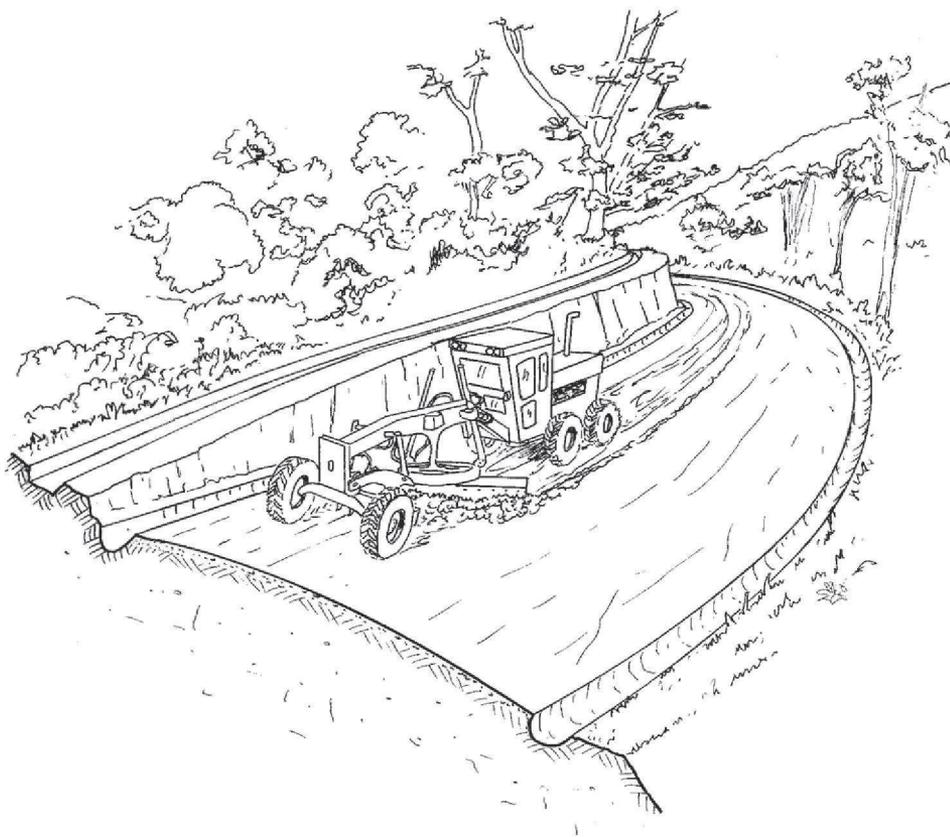
ESTRADAS VICINAIS DE TERRA EM REGIÕES MONTANHOSAS

Em muitas regiões do país com relevo mais acidentado é comum as estradas vicinais de terra serem obrigadas a atravessar áreas montanhosas com muitos trechos em rampas acentuadas e curvas muitas vezes bastante fechadas. Como a experiência prática e histórica vem mostrando, a melhor opção de traçado nessas situações é acompanhar, sempre que possível, a linha de espigões, ou seja, acompanhar a crista dos espigões. Nessas situações as declividades são mais suaves, os solos superficiais são de melhor qualidade geotécnica, os problemas com drenagem superficial são menores e normalmente não há necessidade de cortes e aterros.

Porém, há situações onde a alternativa dos espigões não é possível, sendo o traçado, obrigatoriamente, instalado nas encostas, quase sempre procurando acompanhar as curvas de nível para amenizar os aclives e declives. Esse recurso em muitos casos leva à necessidade de abertura de cortes nas encostas, transposição de grotas e drenagens naturais, execução de aterro a meia-encosta, etc.

Um problema prático que se coloca nessas condições é que os cortes possam desestabilizar a encosta acima ou se tornar eles próprios muito instáveis por não possuírem a inclinação adequada e nem sistemas de drenagem eficientes, fazendo com que deslizamentos sejam muito frequentes na época das chuvas, chegando mesmo a interromper o tráfego. Da mesma forma, os aterros são comumente construídos sem a devida compactação e escoramento do material, como também os sistemas de drenagem sob os aterros são mal dimensionados ou mal conservados, o que os torna extremamente suscetíveis a escorregamentos e até a completa destruição em momentos de chuvas torrenciais.

Dentro deste panorama apresentam-se a seguir algumas regras práticas visando minimizar os problemas relacionados com a estabilidade dos cortes e dos aterros nas estradas rurais de terra em regiões montanhosas, visando garantir um mínimo de segurança para que não haja interrupção parcial ou total do tráfego em consequência de escorregamentos. De qualquer forma, é fundamental que trechos de estradas vicinais assim situados em regiões montanhosas sejam objeto de um permanente programa de vistorias e manutenção.



➤ Cortes

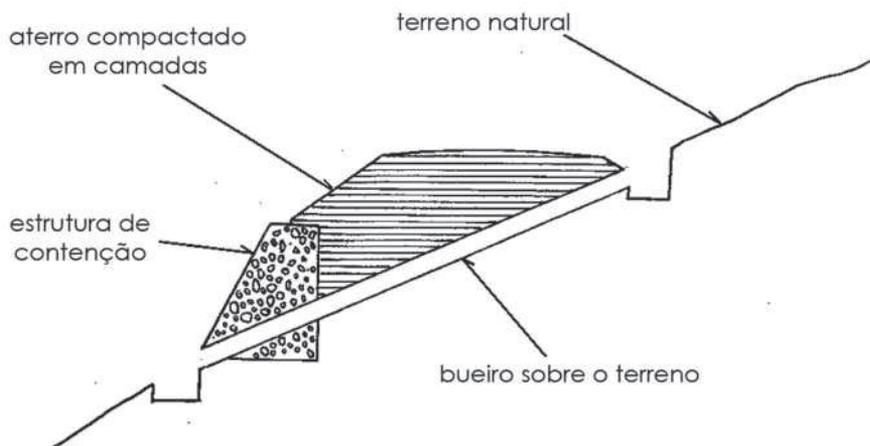
Para que um corte seja estável os seguintes cuidados devem ser observados na sua execução:

- A plataforma da estrada deverá ser a mais estreita quanto possível para que os cortes não necessitem ser muito altos;
- Cortes até 2 metros de altura podem ser bastante inclinados, em torno de 60º sem grandes riscos de ruptura;
- Para cortes em solo acima de 2 metros pode-se adotar como regra geral uma inclinação de 45º;
- Deve-se adotar 6 metros como altura limite de cortes para regiões montanhosas. Se a largura da plataforma exigir alturas maiores deverá ser adotada a solução de seção mista, ou seja, uma parte da plataforma em terreno natural, outra parte sobre aterro contido;
- Todos os cortes deverão contar com sistema de drenagem superior e inferior. A plataforma deverá ter uma leve inclinação transversal para dentro, de forma a jogar as águas de chuva na canaleta do pé do corte;
- Todos os cortes em solo deverão ser revestidos com algum tipo de proteção contra a erosão;
- Verificar a existência de nível de água na plataforma da estrada após a execução do corte; caso exista nível d'água em profundidade inferior a 1,5 m da cota da plataforma, executar drenos na pista.

PLATAFORMA EM SEÇÃO MISTA PARA EVITAR CORTES MUITO ALTOS



PLATAFORMA COM ATERRO E MURO DE ARRIMO

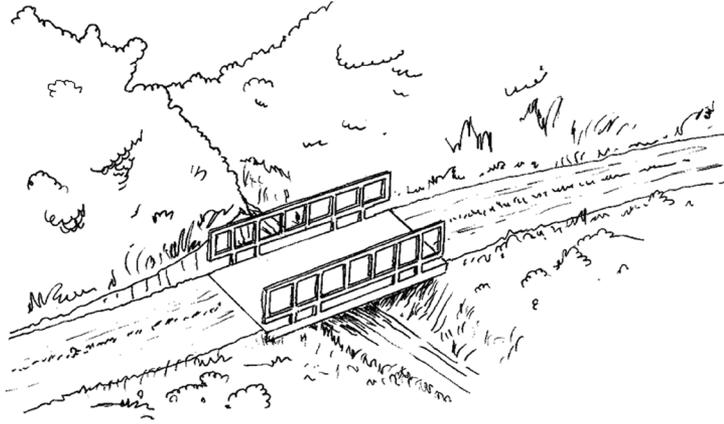


➤ Aterros a meia encosta e seção mista

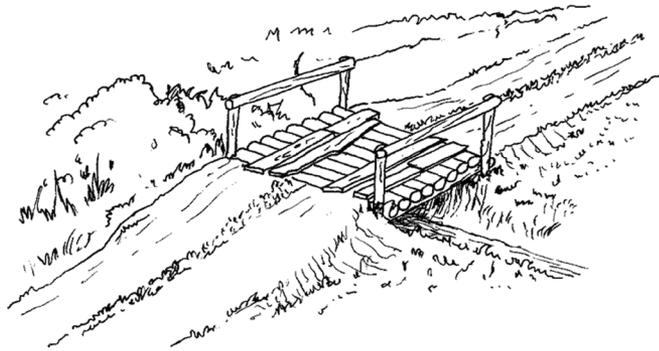
Para que os aterros a meia encosta ou em seção mista sejam estáveis as seguintes providências devem ser tomadas durante sua execução:

- O método mais adequado é construir o aterro sobre a superfície do terreno aplainada e limpa de material fofo e vegetação com o solo em degraus, executados para melhorar a transição entre o terreno natural e o aterro; o solo do aterro deve ser lançado na umidade correta e em camadas de no máximo 30 cm que vão sendo compactadas uma a uma até se alcançar o nível desejado;
- Como já referido nesse Manual, os solos mais superficiais, mais argilosos, normalmente avermelhados a amarronzados, são os mais indicados para a execução de aterros compactados;
- A inclinação da saia dos aterros compactados deve ser da ordem de 34 graus (1 v : 1,5 h) e a drenagem da plataforma da estrada deve ser eficiente para evitar infiltrações e erosões;
- Todos os aterros sobre encostas inclinadas deverão ser escorados. Esse escoramento dependerá do tipo de terreno natural da encosta e dos materiais disponíveis na região. Poderá ser, por exemplo, de estacas de madeira tratadas, cravadas, ou de pedras de mão rejuntadas com argamassa de cimento. Sendo necessário escoramento de maior altura poderá ser necessário construir um muro de arrimo do tipo gabião, neste caso um projeto específico deverá ser elaborado;
- As saias de todos os aterros deverão contar com algum tipo de proteção superficial contra a erosão.

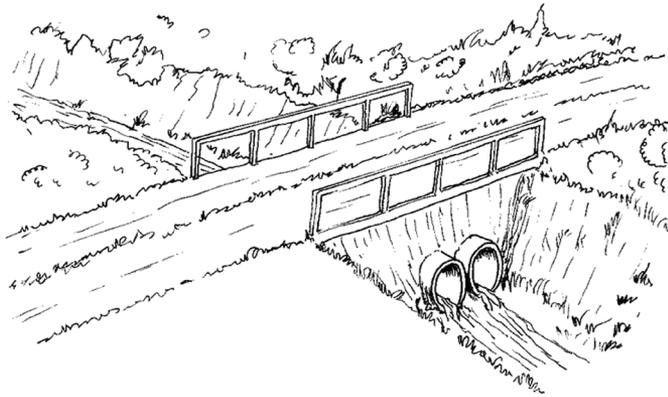
PONTILHÃO DE CONCRETO OU METÁLICO



PONTILHÃO DE MADEIRA



BUEIRO



➤ **Transposição de grotas e drenagens naturais**

São as situações que normalmente trazem mais problemas para estradas em regiões montanhosas, especialmente devido ao mau dimensionamento e conservação do sistema de drenagem na linha do fundo do vale transposto. Por isso são situações que demandam atenção especial dos responsáveis pela via.

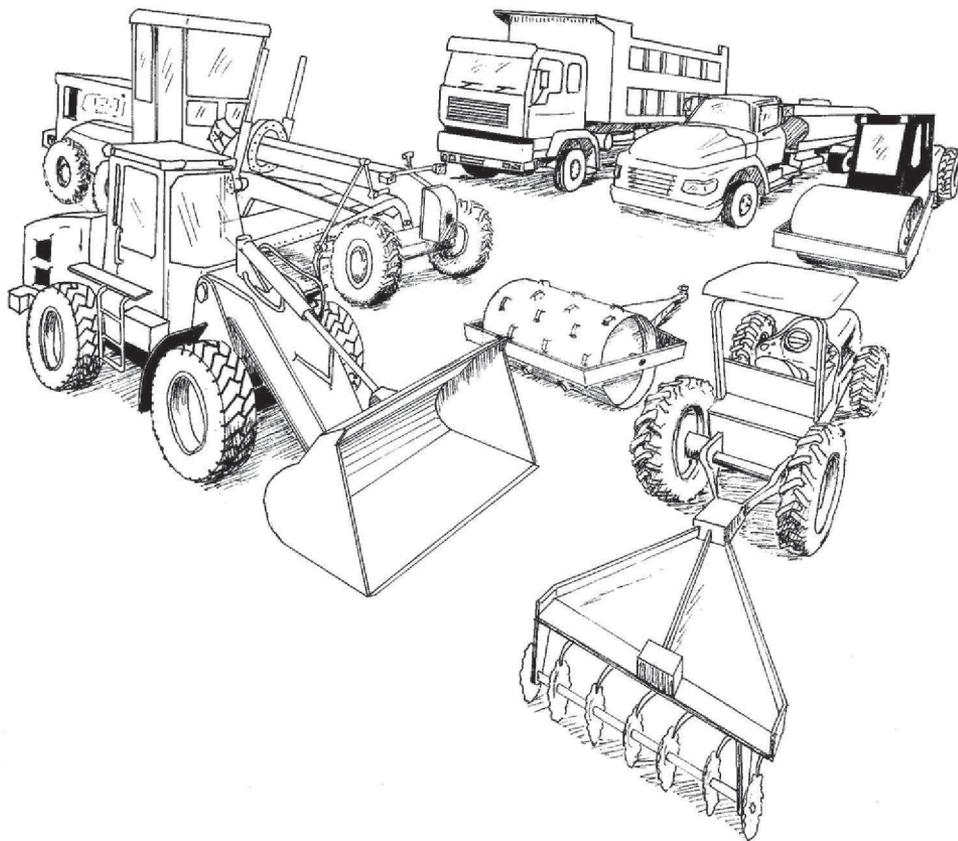
- Sempre que possível, pelas dimensões do vale a ser transposto, optar pela construção de pontilhões, de forma que as águas permanentes ou pluviais continuem escoando livremente por baixo da pista;
- Caso as dimensões do vale levem à opção por um aterro de transposição, cuidar para que o bueiro/galeria de fundo de vale seja bem dimensionado, ou até dimensionado com bastante folga. Esse bueiro/galeria deverá ser objeto de um permanente sistema de monitoramento e conservação para evitar que venha a ser obstruído.

MAQUINÁRIO OU TRABALHO MANUAL?

A partir especialmente dos anos 60/70 do séc. XX procedeu-se uma mudança radical nas tecnologias de conservação das estradas de terra. Do antigo sistema apoiado na histórica figura do “conserveiro”, qual seja, o funcionário cuja missão permanente estava na correção de pequenos defeitos em um pré-combinado trecho viário (algo como 10 quilômetros por “conserveiro”), impedindo, através de soluções simples e localmente adaptadas, a evolução de problemas por atacá-los logo em seu início, passou-se aceleradamente para a conservação mecanizada, essencialmente baseada na utilização sistemática da “patrol”, qual seja, a moto-niveladora. A adoção intempestiva da tecnologia de conservação apoiada na ilusória eficiência da “patrolagem” sistemática implicou na contínua raspagem/remoção da camada de solos de melhor qualidade compactada pelo tráfego e por decorrência, no progressivo aprofundamento da estrada (pista em caixão), potencializando extraordinariamente os processos erosivos destrutivos. Um verdadeiro desastre tecnológico para nossa rede de estradas de terra, ajudando muito explicar o lamentável estado atual em que se encontram.

Esse exemplo torna evidente a necessidade de sempre se pesar os pós e contras da escolha dos métodos técnicos mais eficientes para os trabalhos de manutenção das estradas rurais brasileiras.

Em resumo, a utilização mais intensa ou menos intensa de maquinário ou trabalho manual, ou a combinação desses fatores, não é uma questão de simpatia ou opinião. É uma questão objetiva, que deve ser resolvida com base em critérios preestabelecidos e informações seguras sobre aspectos técnicos, econômicos e sociais de cada região.



De uma maneira geral, podem-se assumir as seguintes orientações:

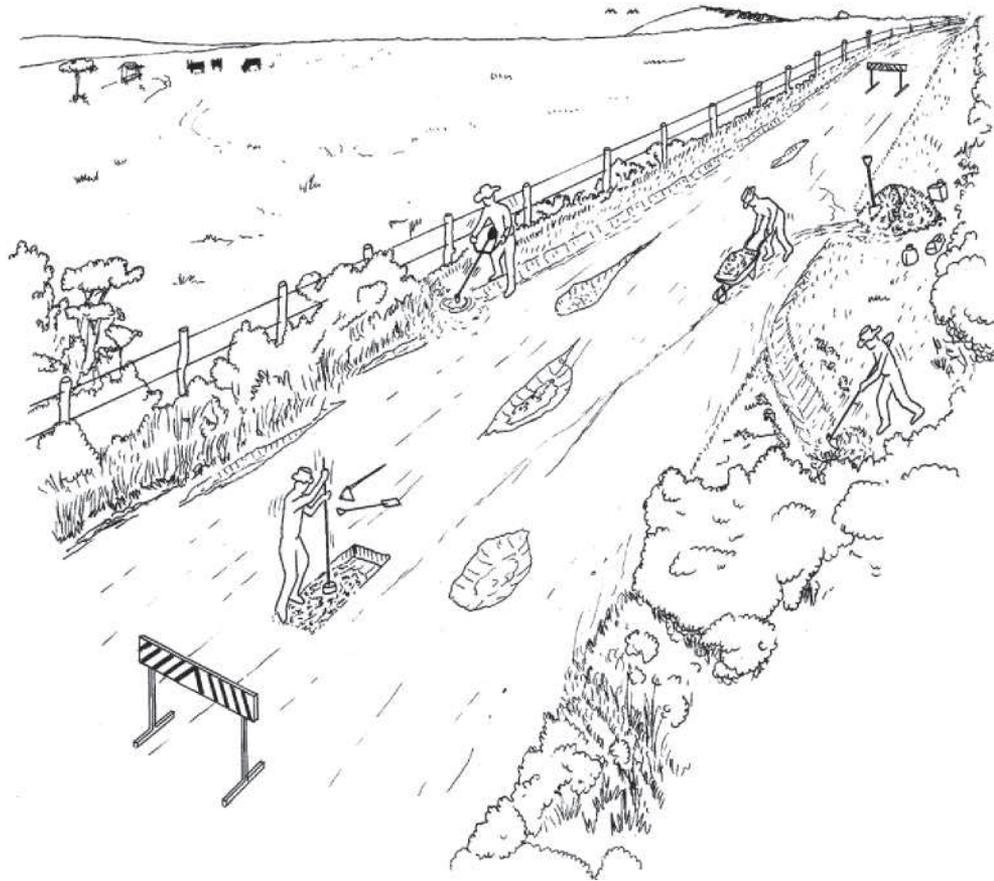
Situações onde o uso de maquinário se mostra preferencial:

- Estradas com tráfego pesado e /ou intenso;
- Serviços que obtêm melhor desempenho técnico quando executados por maquinário: tratamento primário;
- Regiões com baixa disponibilidade de mão-de-obra.

Um conjunto mínimo ideal de maquinário para os trabalhos de manutenção de estradas de terra:

- Caminhão basculante, caminhão pipa, pá carregadeira, moto-niveladora (patrol), rolos compressores (liso e pé de carneiro, preferencialmente vibratórios), trator agrícola e grade. Na impossibilidade de se conseguirem os dois rolos, deve-se dar prioridade ao rolo liso, pois a maioria dos materiais utilizados como revestimento primário é granular;
- No caso de operação de alteamento da pista através do corte do terreno lateral é necessária a utilização de trator de esteira.

IMPORTANTE: Grande número dos municípios brasileiros não apresenta condições de possuir e manter um conjunto mínimo de maquinário. Nestas condições, iniciativas tais como a formação de Consórcios Municipais e participação das Patrulhas Rodoviárias constituem talvez a única alternativa de superar satisfatoriamente tal dificuldade.



Situações onde o trabalho manual se mostra preferencial:

- Estradas secundárias com tráfego leve e baixo;
- Limpeza sistemática dos dispositivos de drenagens;
- Serviços que obtêm melhor desempenho técnico quando executado manualmente como atividade de tapa-buraco e conservação ou implantação de sistemas de drenagem;
- Regiões com grande disponibilidade de mão-de-obra.

Quanto à utilização de mão-de-obra, o ideal é a constituição e treinamento adequado de turmas especializadas ligadas à própria Prefeitura. Também a figura do conserveiro, que é o profissional responsável por pequenos serviços de conservação permanente por trechos de estrada (por ex. 10 km/conserveiro), mostra-se fundamental, uma vez que a conservação constante impede a evolução de pequenos para grandes problemas, de recuperação trabalhosa e custosa. Em trabalhos de conserva manual, a colaboração ou contratação de proprietários lindeiros pode apresentar grandes vantagens.

AS ESTRADAS VICINAIS DE TERRA E A QUESTÃO AMBIENTAL

A desconsideração dos fatores ambientais tem trazido prejuízos enormes à população brasileira. Desequilíbrios climáticos, empobrecimento de solos agrícolas, assoreamento de rios e lagos, comprometimento da qualidade e da disponibilidade das águas superficiais e subterrâneas, destruição de infraestruturas rurais e urbanas estão entre as consequências danosas de ações que não têm em conta a importância das questões ambientais.

Entre outras determinações que objetivam a proteção ambiental, o Código Florestal brasileiro - LEI 12.651, DE 25 DE MAIO DE 2012, estabelece a delimitação de APPs – Áreas de Proteção Permanente em diversas situações geográficas: margens de cursos d’água, margens de lagos, lagoas e reservatórios, entorno de nascentes, topos de morros com determinadas altitudes e declividades, encostas de alta declividade etc.

As APPs devem ser respeitadas em suas feições florestais naturais, não podendo expressamente ser utilizadas para finalidades econômicas, sejam de extração florestal, agrícolas, pecuárias, urbanas ou de qualquer outra natureza.

Porém, as estradas rurais, entendidas como intervenções de utilidade pública e interesse social, podem ocupar e transpor Áreas de Proteção Permanente, como determina o Art. 8º do Código Florestal: “A intervenção ou a supressão de vegetação nativa em Área de Preservação Permanente somente ocorrerá nas hipóteses de utilidade pública, de interesse social ou de baixo impacto ambiental previsto nesta Lei”.

Por exemplo, quando da transposição de um curso d'água, obrigatoriamente a estrada rural vai atravessar uma APP.

A regularização dessa intervenção deverá ser obtida por comunicação direta e simples à Prefeitura Municipal envolvida no caso, e decorrente obtenção da licença ambiental para tanto. No caso de intervenções que possam ser consideradas mais drásticas e de grandes dimensões a Prefeitura Municipal deverá proceder consulta junto ao escritório do órgão ambiental estadual mais próximo.

No entanto, em que pese essa liberalidade legal, as estradas rurais devem tomar todas as medidas para que não se transformem em um agente de degradação do meio ambiente. Dentro desse objetivo devem ser especialmente observados os seguintes cuidados:

- Ao ter que necessariamente proceder a uma intervenção em uma APP cuidar para que essa intervenção cause o mínimo impacto possível;
- Evitar insistentemente a incidência de processos erosivos na plataforma e áreas laterais e decorrente assoreamento de rios e lagos;
- Sempre promover a imediata revegetação das áreas de empréstimo utilizadas;
- Sempre que possível utilizar o expediente das caixas de infiltração laterais para contribuir com a recarga do lençol subterrâneo;
- Promover o reflorestamento das faixas laterais à estrada de forma a transformá-la em um corredor biológico.

REFERÊNCIAS

AUGUSTO JR., F., GIAMPAGLIA, H.R., CUNHA, M.A. Manual de pavimentação urbana, São Paulo: IPT, 1992. 236p. (IPT. Publicação, 1871).

AUGUSTO JR., F., CUNHA, M.A. Utilização de resíduo industrial de fabricação do gás acetileno na estabilização de solo, para emprego como revestimento primário. In: Reunião Anual de Pavimentação, 24, 1990, Belém. Anais... Belém: ABPv. 1990.

CUNHA, M.A., SANTOS, A.R. Técnicas simples de controle de erosão em estradas de terra. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSIÃO, 3, 1985, Maringá. Anais... São Paulo: ABGE, 1985. p. 91-97.

CUNHA, M.A., PASTORE, E.L., AUGUSTO, F. Utilização de recursos naturais locais no tratamento primário e drenagem de estradas de terra do Estado de São Paulo. In: REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 21, 1986, Salvador. Anais... Salvador: ABPv, 1986. p. 270-293.

CUNHA, M.A., RIBEIRO, F.C. Soluções para combate à erosão em estradas de terra nas regiões de solos arenosos lateríticos no noroeste do Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSIÃO, 4, 1987, Marília. Anais... São Paulo: ABGE, 1987. v. 1, p. 362-377.

CUNHA, M.A., AUGUSTO JR., F. Avaliação do desempenho de 5 trechos piloto com tratamento primário e controle de erosão em estradas de terra. In: REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 22, 1987, Maceió. Atas... Maceió: ABPv. 1987. p. 930-954.

CUNHA, M.A. Avaliação do comportamento de alguns solos como subleito e tratamento primário em estrada de terra. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 5, 1987, São Paulo. Anais... São Paulo: ABGE, 1987. v. 1, p. 95-104.

CUNHA, M.A., AUGUSTO JR., F. Resíduo industrial inerte como alternativa para tratamento de leito de estrada de terra. In: SIMPÓSIO SOBRE BARRAGENS DE REJEITO E DISPOSIÇÃO DE RESÍDUO, 2, 1991, Rio de Janeiro, Anais... Rio de Janeiro: ABMS:ABGE:CBBGB, 1991.

CUNHA, M.A e AUGUSTO Jr, F. – A problemática das estradas rurais do oeste paulista no contexto de bacias hidrográficas - SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE ESTRADAS E A INTERFACE AMBIENTAL, junho de 2002, Foz de Iguaçu - PR

CUNHA, M.A; PINTO, I.S.C.; AUGUSTO JR, F. - Proposta Metodológica para simplificação de projetos para adequação de Estradas Rurais de Terra no Estado de São Paulo – in: 36.^a REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO - 36.^a RAPv, CURITIBA –PR – agosto de 2005-

FREITAS, C.G.L., CUNHA, M.A. Conhecimento do meio físico como um dos fatores básicos para conservação de estradas vicinais. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 4, 1984, Belo Horizonte. Anais... São Paulo, ABGE, 1984. v. 2, p. 329-337.

PASTORE, E.L., CUNHA, M.A., AUGUSTO JR., F., SANTOS, A.R. Contribution to the studies of surfacing earth roads in São Paulo State-Brazil. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF THE INTERNATIONAL ASSOCIATION OF ENGINEERING GEOLOGY, 5, 1986, Buenos Aires. Proceedings... Rotterdam: A.A. Balkema, 1986. v. 5, p. 1671-1675.

RIBEIRO, F.C., CUNHA, M.A., ALMEIDA FILHO, G.S. Avaliação do desempenho de drenagem subterrânea longitudinal construída com bambu em estrada vicinal de terra. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 5, 1995, Bauru. Anais, Boletim de Campo. São Paulo: ABGE, 1995. p. 307-309.

SANTOS, A.R., Sobre as vantagens do uso intensivo de mão de obra na abertura e conservação de estradas. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 2, São Paulo, 1978. Anais... São Paulo, ABGE, 1978.

SANTOS, A.R., Bases para uma política para estradas vicinais no Estado de São Paulo. (divulgação restrita ao Governo do ESP), 1979.

SANTOS, A.R., Critérios construtivos e de projetos para Rodovias Vicinais. Contribuição para discussões sobre uma Política Nacional para Estradas Vicinais. In: Congresso de Desenvolvimento Tecnológico de Transportes, 2, São Paulo, 1981. Anais... São Paulo, Escola Politécnica USP.

SANTOS, A.R., "TÉCNICA CAL-JET DE PROTEÇÃO DE SOLOS CONTRA A EROSÃO - manual de execução" - Publicação autônoma. São Paulo, 2010

SANTOS, A.R., CUNHA, M.A., MORENO, C.J.F. Uma nova proposta para solução dos problemas das estradas vicinais. In: Congresso dos Municípios do Estado de São Paulo, 26, 1982, São Paulo. Separata. São Paulo, ABGE: 1982.

SANTOS, A.R., PASTORE, E.L., AUGUSTO JR., F., CUNHA, M.A. Estradas vicinais de terra, manual técnico para conservação e recuperação. 2. ed. São Paulo: IPT, 1988. 125p. (IPT. Publicação, 1770).

SANTOS, A.R., CUNHA, M.A., PASTORE, E.L. Some examples of simple drainage and erosion control works in earth roads. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF THE INTERNATIONAL ASSOCIATION OF ENGINEERING GEOLOGY, 5, 1986, Buenos Aires. Proceedings... Rotterdam: A.A. Balkema, 1986. v.5, p. 1645-1652.

SOBRE OS AUTORES

ALVARO RODRIGUES DOS SANTOS

Geólogo pelo Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo – USP (1968).

Pesquisador do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo entre 1969..e 1998, tendo ocupado os cargos de Diretor da Divisão de Geologia (1986.- 1989..) e Diretor de Planejamento e Gestão do IPT (1995.- 1998).

Autor dos livros: “Geologia de Engenharia: Conceitos, Método e Prática” (3 edições), “A Grande Barreira da Serra do Mar”, “Cubatão”, “Diálogos Geológicos”, “Enchentes e Deslizamentos: Causas e Soluções”, “Manual de Conservação e Recuperação de Estradas de Terra” (2 edições), “Manual Básico para Elaboração e Uso da Carta Geotécnica”, “Cidades e Geologia”.

Consultor na área de Geologia de Engenharia, Geotecnia e Meio Ambiente com enfoque em Obras Viárias, Dutos, Fundações, Barragens, Drenagem, Cartografia Geotécnica e Áreas de Risco, Estabilidade de Taludes de Corte e Encostas Naturais, Enchentes Urbanas, Erosão e Assoreamento, Uso e Ocupação do Solo.

Atualmente é Diretor Presidente da ARS Geologia Ltda. Recebeu o Prêmio Ernesto Pichler da Geologia de Engenharia brasileira da ABGE– Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental.

ERALDO LUPORINI PASTORE

Geólogo pela UNESP (1974). Mestre e Doutor em Engenharia Geotécnica pela EESC – Escola de Engenharia de São Carlos – USP (1991).

Pesquisador do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (1974 -1994) e do Laboratoire Central des Ponts et Chaussées de Paris (1982). Professor de Geotecnia da Universidade de Brasília (1994 -2004). Professor Visitante da Universidade de Sherbrooke, Canadá (1998). Coordenador e Professor de Geotecnia de Obras Subterâneas do Curso de Pós-Graduação de Engenharia de Túneis da Faculdade Redentor (2013-2017). Diretor do Instituto de Engenharia de São Paulo (2006).

Coautor do livro Estradas Vicinais de Terra – Manual técnico para conservação e recuperação – 1ª Edição 1985 e 2ª Edição 1988 (IPT – Publicação 1634), Autor do capítulo de Túneis no Exterior Construídos por Empresas Brasileiras de Engenharia do livro de Túneis do Brasil do Comitê Brasileiro de Túneis (2006). Autor do capítulo Sandstones in Dam Foundations and Tunnels do livro Soft Rocks da International Association of Rock Mechanics (2019).

Consultor em projetos e construção de obras de infraestrutura (Túneis, Barragens, Obras de Contenção, Ferrovias, Rodovias, Canais), no Brasil e no Exterior (Republica Dominicana, Guatemala, Equador e Peru). Experiência em Arbitragens e Perícias. Membro dos Boards de Consultores do Banco Mundial da Secretaria de Recursos Hídricos do Ceará (2007-2009) e do DNOCS (Departamento Nacional de Obras Contra as Secas) (2018-2019), da Comissão Técnica de Barragens de Enrocamento com Face de Concreto e Núcleo Asfáltico do Comitê Brasileiro de Barragens,

da Comissão de Soft Rocks da Associação Internacional de Mecânica das Rochas e do Portal da Geotecnia.

Atualmente é Diretor da WRC Consultoria Empresarial (2000-2019). Professional Highly Recommended in Engineering-Litigation Support & Expert Witnesses by the Leaders League com sede em Paris, ranking 2019.

FERNANDO AUGUSTO JUNIOR

Engenheiro pela ESQOC – Escola Superior de Química Oswaldo Cruz, 1975.

Pesquisador do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo na área de pavimentação (1970-2000).

Autor ou Co-autor dos livros Estradas Vicinais de Terra – Manual técnico para conservação e recuperação – 1ª Edição 1985 e 2ª Edição 1988 (IPT – Publicação 1634). Pavimentação urbana (IPT). Avaliação de cimentos asfálticos de petróleo para emprego em pavimentação (ABCR – 2004). CAP 30-45 e CAP 50-70 Sua utilização em revestimentos asfálticos – Estudo comparativo (ABCR – 2008).

Consultor na área de pavimentação.

Atualmente é Diretor Sócio da Empresa IMPERPAV Projetos e Consultoria Ltda desde 2000. Diretor da Associação Brasileira de Pavimentação desde 2011. Membro da Comissão Permanente de Asfalto do Instituto Brasileiro de Petróleo – IBP desde 1985.

MARCIO ANGELIERI CUNHA

Geólogo pelo IG – Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo – USP (1972) e Mestrado pelo IGUSP em 1984.

Pesquisador do IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas entre 1974 e 1996 tendo ocupado o cargo de Diretor da Divisão de Geologia entre 1992 e 1996. Professor do ITA – Instituto Tecnológico da Aeronáutica entre 1990 e 1994 na disciplina de Infraestrutura Aeronáutica. Vice – presidente da CPTI – Cooperativa de Serviços e Pesquisas Tecnológicas e Industriais (1996 – 2009) e Secretário da ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental (1984 – 1987).

Autor ou co-autor de vários trabalhos técnicos apresentados em Congressos Nacionais e Internacionais e dos seguintes livros: Estradas Vicinais de Terra – Manual técnico para conservação e recuperação – 1ª Ed. 1985; 2ª Ed. 1988 (IPT – Publicação 1634); Manual de Ocupação de Encostas – 1991 (IPT – Publicação 1831); Manual de Geotecnia: Taludes de Rodovias – orientações para diagnóstico e soluções de seus problemas – 1991 (IPT/DER – Publicação 1843); Lixo Municipal – Manual de Gerenciamento Integrado 1995 (IPT/CEMPRE – Publicação 1995). Capítulo 32 – Aeroportos do Livro de Geologia de Engenharia e Ambiental (2018).

Consultor de várias empresas na área de Geologia de Engenharia e Ambiental (Rodovias, Ferrovias, Túneis, Estabilidade de Taludes de Corte e Encostas Naturais, Obras de Contenção, Fundações, Cartografia Geotécnica, Áreas de Risco, Erosão e Assoreamento)

Atualmente é Diretor Técnico da GEOMAC Geologia Geotecnia e Meio Ambiente Ltda.

ATUAÇÃO DA ABGE

Desde 1968 a ABGE trabalha para agregar profissionais e estudantes que atuam na Geologia de Engenharia e Ambiental, estimulando o debate e a reflexão em temas desta área técnico-científica, que envolve a previsão do comportamento geológico face às solicitações das obras de engenharia e infraestrutura. A entidade é uma das associações mais ativas da International Association for Engineering Geology and the Environment – IAEG.

Em mais de 50 anos de atuação, a entidade conta com mais de 1000 sócios, uma sede nacional localizada em São Paulo, cinco núcleos regionais (Minas Gerais, Rio de Janeiro e Espírito Santo, Norte, Centro-Oeste e Sul). Com principal escopo de sua atuação, a **ABGE** busca promover a disseminação do conhecimento por meio da realização de:

- Simpósios, congressos, workshops, reuniões técnicas, mesas redondas, palestras, jornadas estudantis e conferências;
- Livros, manuais, anais de congresso e revistas;
- Cursos.

A **ABGE** possui os Comitês Brasileiros de Cartografia Geotécnica e Geoambiental e de Risco Geológico, que desempenham papel importante constituindo grupos de trabalho, por parte dos associados interessados, que atuam nesses temas da Geologia de Engenharia e Ambiental.

Principais áreas de atuação da ABGE

- Barragens e Reservatórios
- Cartografia Geotécnica e Geoambiental
- Geofísica
- Geologia Urbana
- Mineração
- Obras lineares: dutos, rodovias, ferrovias, hidrovias, linhas de transmissão
- Obras de infraestrutura em geral
- Obras marítimas
- Obras Subterrâneas
- Planejamento e Gestão Ambiental
- Políticas Públicas: Legislação e Gestão
- Processos e Riscos Geológicos
- Recuperação de Áreas Degradadas
- Recursos Hídricos
- Resíduos e Áreas Contaminadas

Para mais informações acesse o nosso site: www.abge.org.br

FILIE-SE À ABGE E PARTICIPE DA COMUNIDADE DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA NO BRASIL

A ABGE conta com seis categorias de associados:

Afiliado: dedicada a estudantes

Titular: destinada a todas as categorias profissionais.

Senior: associado com idade entre 65 e 75 anos

Master: associado com 76 anos ou mais

Coletivo: categoria dedicada à prefeituras e entidades da sociedade civil

Patrocinador: Essa categoria é dedicada às empresas e instituições interessadas em apoiar as atividades da ABGE e promover sua marca.

Os associados da ABGE recebem todas as publicações editadas pela associação (livros, traduções, artigos técnicos, anais de simpósios e congressos), a Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, Infomails e ABGE em Revista.

Para mais informações e regulamentos acesse o nosso site: **www.abge.org.br**

SÓCIOS PATROCINADORES DA ABGE

