Departamento de
Estradas de Rodagem
do Estado de São Paulo

BID

Manual Básico de **ESTRADAS** e **RODOVIAS VICINAIS**

Volume I

Planejamento
Projeto
Construção
Operação

MANUAL BÁSICO DE ESTRADAS E RODOVIAS VICINAIS

Volume I
Planejamento, projeto, construção e operação.

DER/SP

São Paulo, 2012

Governador
Geraldo José Rodrigues Alckmin Filho

Secretário de Logística e Transportes
Saulo de Castro Abreu Filho

Superintendente do DER/SP
Clodoaldo Pelissioni

Diretoria do DER/SP

Diretor de Engenharia:
Engº Estanislau Marcka

Diretor de Operações:
Engº Mansueto Henrique Lunardi

Diretor de Planejamento:
Engº Ricardo Luiz Hidalgo Pereira Costa

Diretor de Administração:
João Claudio Valério

Este Manual foi elaborado pelo DER/SP.

Sob a coordenação do Grupo de Trabalho – GT– 86, membros:
Engº. José Roberto Moreira – DE – Diretoria de Engenharia
Engª. Marlene dos Reis Araújo – DP – Diretoria de Planejamento
Engº. Valter Prieto – DO – Diretoria de Operações
Bel. Antonio Luiz Assegava – CO – Coordenadoria de operações
Bel. Milton Nucci – ARP – Assessoria de Organização
Susinei Grisólia – DA/STP – Serviço de Seleção e Aperfeiçoamento
Engº. José Francisco Guerra da Silva – DE – Meio Ambiente

Órgão Financiador:
BID – Banco Interamericano de Desenvolvimento – Contrato 2077/OC-BR
UCPR – Unidade de Coordenação do Programa de Recuperação de Rodovias
Coordenador: Engº. Raphael do Amaral Campos Junior

Elaboração:
Consórcio LENC-PLANSERVI-PLANORP – Contrato DER/SP 17.374-5

Colaboração Equipe Técnica Diretoria de Engenharia:
Engº. Luiz José Preto Rodrigues
Engº. José Roberto Cincerre
Engº. Hideyoshi Shimabukuro
Engº. Lilian Bon Alvarez Cortada Russo
Engº. Paulo Eduardo de Oliveira
Arqº. Artur Barboza

Observações

Algumas fontes citadas neste Manual constituem-se em documentos informais os quais podem não estar disponíveis para uso. Muitos dos conceitos, interpretações e conclusões expressas neste manual são de inteira responsabilidade dos elaboradores e não devem ser atribuídas às fontes bibliográficas referenciadas, ao órgão financiador, nem tampouco à Secretaria de Logística e Transportes e quaisquer membros que constituem o seu corpo técnico. Não se pretende constituir esse manual como padrão, especificação ou norma. Nomes de Marcas ou Produtos que, porventura, tenham sido objeto de registro em quaisquer textos ou imagens desse manual não são endossados por nenhuma das entidades responsáveis pela sua publicação. Eles refletem única e exclusivamente a intenção dos elaboradores em enfocar particularidades consideradas relevantes aos propósitos dos mais variados temas abordados.

Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo (DER/SP)
Manual Básico de Estradas e Rodovias Vicinais: Volume I - Planejamento, projeto, construção e operação.
1. Projeto geométrico 2. Terraplenagem 3. Pavimentação 4. Drenagem
5. Obras complementares I. Título.

PREFÁCIO

É missão do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo administrar o sistema rodoviário estadual, sua integração com as rodovias municipais e federais e sua interação com os demais modos de transporte, objetivando o atendimento aos usuários no transporte de pessoas e cargas.

As estradas vicinais, sob gestão municipal, além de facilitarem o fluxo de pessoas e dos meios para sua subsistência (assistência à saúde, transporte escolar etc.), têm uma importância fundamental no escoamento da produção das regiões onde se situam, interligando as fontes de produção com as áreas de consumo através das malhas rodoviárias estadual e federal, que são assim ampliadas e alimentadas.

Face a esta questão estratégica para o desenvolvimento do estado de São Paulo, visto que atualmente cerca de 93,10% das riquezas que transitam por nosso território se utilizam do modal rodoviário, o Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo traz a público esta edição do MANUAL BÁSICO DE ESTRADAS E RODOVIAS VICINAIS, revendo, complementando e atualizando a primeira edição publicada em 1987.

Nesta missão o DER/SP contou com a inestimável participação do BID – BANCO INTERAMERICANO DE DESENVOLVIMENTO, que financiou o projeto de atualização do Manual.

Esta edição, assim como na versão de 25 anos atrás, é apresentada em três volumes e busca apresentar de forma clara direta e concisa os conceitos, procedimentos e práticas usuais para o planejamento, projeto, construção e conservação de vicinais. Tem como objetivo servir de fonte de consulta para aqueles que atuam na área ou se interessam pelo assunto e será a principal ferramenta de apoio para as atividades de assistência técnica aos municípios a serem incrementadas através dos Setores de Assistência Rodoviária aos Municípios integrantes das 14 Diretorias Regionais do DER que atendem a todo o Estado de São Paulo.

AGOSTO DE 2012
CLODOALDO PELISSIONI
Superintendente do DER/SP

APRESENTAÇÃO

O Manual Básico de Estradas Vicinais do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo foi editado no ano de 1987 e tem como objetivo principal transmitir noções básicas dos procedimentos e práticas de conservação das estradas vicinais pavimentadas.

Entretanto, é sabido que mesmo uma ótima conservação não poderá tornar boa uma rodovia mal projetada, mal construída, ou com deficiências em sua operação.

Assim, resolveu o Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo, à época da edição, que o Manual tratasse não somente da conservação, mas que contivesse também informações básicas sobre o projeto, a construção, a pavimentação, os melhoramentos e a operação das rodovias vicinais.

Passados 25 anos da edição do Manual, novas tecnologias, materiais e técnicas de gestão motivaram sua revisão e complementação. O DER/SP tem como objetivo apresentar de forma clara, direta e concisa os conceitos e as recomendações para a gestão das estradas vicinais.

O Manual destina-se principalmente ao uso do corpo técnico responsável pelas redes viárias municipais, formado por engenheiros, supervisores e encarregados.

Ressalta-se que essas redes pavimentadas, nos últimos anos motivaram extensos programas de recuperação por meio de convênios entre o DER/SP e órgãos financiadores internacionais.

O Manual é apresentado, assim como na versão de 1987, em três volumes, como segue:

- Volume I – Planejamento, Projeto, Construção e Operação.
- Volume II – Conservação.
- Volume III – Anexos.

Pelo teor das informações contidas, e pela forma de apresentá-las, o Volume I será de maior interesse para os engenheiros e supervisores de obras, enquanto que o Volume II é dirigido, mais especificamente, aos responsáveis pelo serviço de conservação.

Entretanto, a leitura dos dois volumes é recomendada a todos os envolvidos, tendo em vista a interdependência dos assuntos neles versados.

A revisão e complementação no Volume I aborda, entre outros assuntos, diretrizes de planejamento para as Prefeituras, na gestão das estradas vicinais e a importância dos aspectos ambientais no projeto, na construção e na manutenção destas estradas.

O Volume III contém diversas informações de interesse, tais como: glossário, normas, legislação, procedimentos para administração, referências bibliográficas, para servir como fonte de consulta aos responsáveis pelas estradas municipais.

Na redação deste Manual foram compiladas diversas fontes, relacionadas na bibliografia. Além das referências utilizadas na versão anterior, merecem destaque especial as Instruções de Projeto, Especificações Técnicas e o Manual de Conservação do Sistema de Administração da Conservação (SAC), ambos do DER/SP; as diretrizes para o Programa de Recuperação de Rodovias Vicinais do Estado de São Paulo (PRÓ – VICINAIS), entre outras.

O DER/SP agradecerá a todos os interessados nos assuntos enfocados neste Manual que, na medida em que testem as recomendações nele contidas, façam observações e sugestões que possam contribuir para um aperfeiçoamento das futuras edições, encaminhando-as ao DER/SP.

Qualquer correspondência sobre o Manual deve ser endereçada ao:

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM – DER/SP
DIRETORIA DE ENGENHARIA
AVENIDA DO ESTADO, 777
PONTE PEQUENA – CEP: 01107-901 – SÃO PAULO – SP

INTRODUÇÃO AO VOLUME I

O desenvolvimento harmônico do sistema de transportes rodoviários no Estado de São Paulo necessita da expansão coordenada da rede das estradas vicinais.

Mesmo recentemente, com a recuperação de aproximadamente 10.000 km de rodovias vicinais pelo DER/SP, ainda resta muito a ser feito. A gestão destas rodovias recém-recuperadas, e a pavimentação da malha vicinal ainda em terra, caberão, na maior parte das vezes, às Prefeituras Municipais.

Por isso, o presente volume é dirigido principalmente aos técnicos, e tem por objetivo transmitir de modo simples e conciso, algumas informações úteis sobre os vários aspectos de uma estrada ou rodovia vicinal.

Em suma, este Volume I visa dar noções básicas de planejamento, projeto, construção e operação dessas vicinais.

SUMÁRIO

O QUE SÃO "ESTRADAS VICINAIS"? ..... **pág. 13**

CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DAS VICINAIS ..... **pág. 17**

NOÇÕES BÁSICAS DE PLANEJAMENTO ..... **pág. 21**

NOÇÕES DE PROJETO E CONSTRUÇÃO ..... **pág. 25**

PROJETO GEOMÉTRICO ..... **pág. 31**

TERRAPLENAGEM ..... **pág. 43**

PAVIMENTAÇÃO ..... **pág. 67**

PROTEÇÃO DO CORPO ESTRADAL ..... **pág. 105**

OBRAS-DE-ARTE ESPECIAIS ..... **pág. 109**

DRENAGEM ..... **pág. 121**

NOÇÕES E PROCEDIMENTOS DE MEIO AMBIENTE ..... **pág. 143**

OBRAS COMPLEMENTARES ..... **pág. 177**

ADEQUAÇÃO DE ESTRADAS RURAIS ..... **pág. 185**

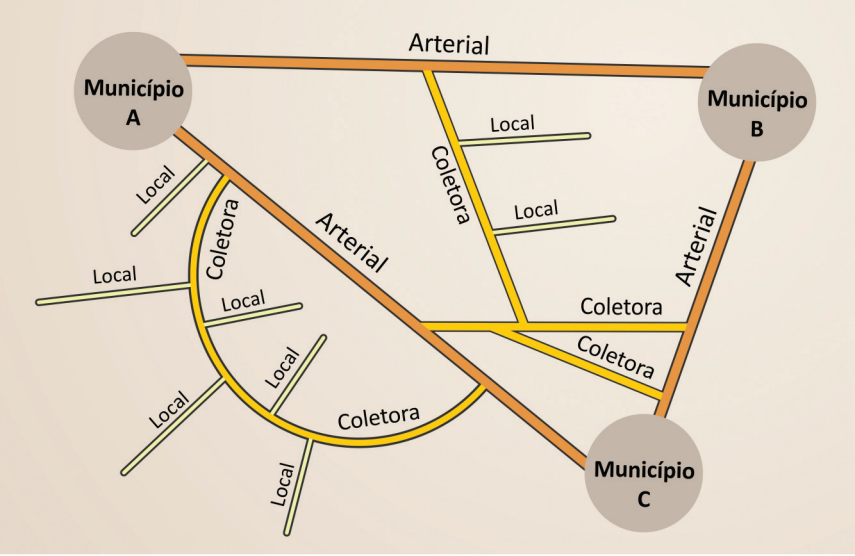
MELHORAMENTOS DE TRECHOS EXISTENTES ..... **pág. 195**

NOÇÕES BÁSICAS DE OPERAÇÃO ..... **pág. 201**

O QUE SÃO "ESTRADAS VICINAIS"?

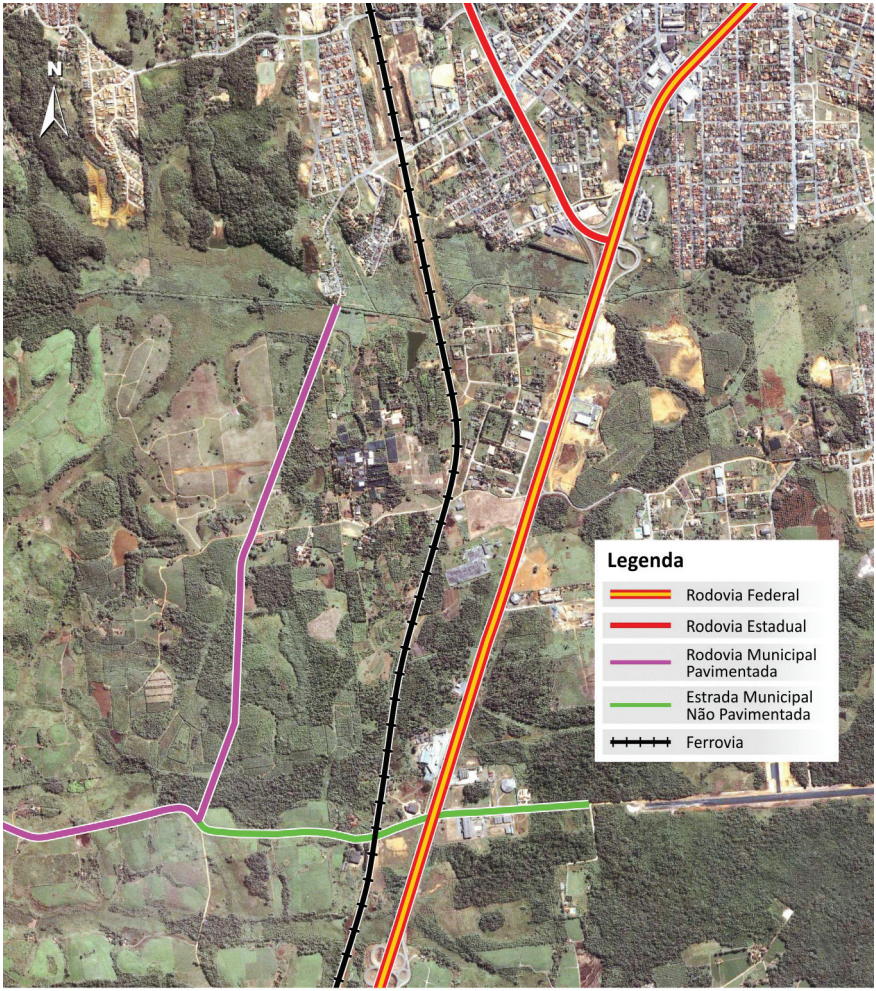
Preliminarmente, para delimitar o que se entende por vicinais, cabem algumas considerações sobre a classificação e as funções das rodovias em geral. Podemos classificar as rodovias segundo diversos critérios, como, por exemplo:

- **sua administração:** em particulares, municipais, estaduais ou federais;
- **sua função dentro da rede viária:** em locais, coletoras ou arteriais.
  - arteriais efetuam interligações de municípios;
  - coletoras efetuam a ligação das estradas locais às arteriais;
  - locais proporcionam acessos a todas propriedades lindeiras, usinas e indústrias.



Classificação funcional

- **seu padrão técnico:** em classes (A, B, C, D e E) de acordo com os valores máximos de suas rampas, e os mínimos de raios de curva, larguras de pista e de acostamentos, distâncias de visibilidade etc.;
- **algumas de suas características físicas:** em pavimentadas ou não pavimentadas, de uma ou duas pistas etc., e do relevo (plano, ondulado ou montanhoso).



Classificação administrativa

A **rodovia federal**, que é em geral uma via arterial, interessa diretamente à Nação, presta-lhe serviços de caráter geral e, quase sempre, percorre mais de um estado.

A **rodovia estadual**, que tem usualmente a função de arterial ou coletora, atende às necessidades de um Estado, ao qual se subordina, ficando contida em seu território.

A **estrada ou rodovia municipal**, quase sempre de caráter local, atende principalmente ao município que a administra, e dentro de cujos limites normalmente se situa.

É interessante notar que as estradas municipais representam mais de 80% da extensão total das estradas do Estado de São Paulo, embora suportem menos de 10% do tráfego total.

As vicinais, objeto deste Manual, são em geral estradas municipais, pavimentadas ou não, de uma só pista, locais, e de padrão técnico modesto, compatível com o tráfego que as utiliza. Entretanto, com as recentes evoluções tecnológicas de produções agrícolas e de equipamentos de transporte, existem regiões onde os escoamentos de grandes produções agrícolas para as agroindústrias são efetuados através das estradas vicinais por veículos pesados, compostos de até 9 eixos. Como exemplo, podemos citar o transporte de cana-de-açúcar e de madeira destinadas às usinas de açúcar e álcool e de papel e celulose, além do escoamento de grandes produções de grãos para exportação.

Dessa maneira as estradas e rodovias vicinais passam a desempenhar outras funções não previstas em sua concepção, tais como:

- complementar a utilização dos sistemas coletor e arterial, alimentando-os;
- promover a integração demográfica territorial e cultural da região na qual se situam;
- possibilitar a elevação do nível de renda do setor primário

facilitando o escoamento da produção e dos insumos (atividades agropecuárias, agroindustriais, mineração etc.);
- permitir acessos a locais turísticos e históricos, entre outros.

Estabelece-se que as vicinais pavimentadas são denominadas **rodovias vicinais** e as não pavimentadas **estradas vicinais.**

CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DAS VICINAIS

São apresentadas a seguir as principais características técnicas das vicinais:

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

As características geométricas das vicinais são fortemente condicionadas pelo aproveitamento dos traçados existentes, indispensável para que seus custos de construção sejam compatíveis com seu tráfego e função. Por outro lado, as estradas pré-existentes desenvolvem-se, com muita frequência, ao longo dos espigões, ou divisores de água, o que lhes confere uma razoável condição de drenagem natural.

As limitações econômicas levam, em geral, à adoção de um greide próximo do terreno natural. Deste fato decorre, frequentemente, a ocorrência de rampas bastante fortes e curvas horizontais e verticais acentuadas. Comumente, as vicinais são conservadas e regularizadas por passagem de motoniveladoras que rebaixam o greide e criam taludes de corte com alturas consideráveis, limitando a largura da plataforma.

Essas mesmas limitações condicionam as demais características das vicinais, conduzindo à adoção das alternativas mais econômicas, considerando-se todos os custos de construção e de operação da estrada, ao longo de toda a sua vida útil. Um exemplo é o que se refere aos pavimentos das vicinais, que são sempre do tipo econômico, conhecidos também como pavimentos de baixo custo.

VELOCIDADE DIRETRIZ

Velocidade diretriz é a velocidade relacionada a certas características técnicas, tais como: raios de curvas, superelevação e distância de visibilidade, das quais depende uma operação segura e confortável dos veículos.

A velocidade diretriz adotada determinará o raio mínimo, a superelevação máxima e a rampa máxima a serem utilizados no projeto.

Raio mínimo é o menor raio tal que a curva, apresentando-se com a superelevação máxima, possa ser percorrida à velocidade diretriz, em condições aceitáveis de segurança e conforto. As especificações recomendadas pelo Programa de Estradas Vicinais PRÓ-VICINAIS e pelo DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes) são estabelecidas, de modo geral, pela fixação da velocidade diretriz de 60 km/h para os traçados que se desenvolvem em regiões planas, e de 40 km/h e 30 km/h para aqueles em regiões onduladas e montanhosas, respectivamente.

No caso do aproveitamento de estradas existentes, a velocidade diretriz, em alguns trechos, poderá ficar limitada pelas condições do traçado. Nestes casos, são requeridas a sinalização adequada e restrições ao seu uso.

Apresentam a seguir, as velocidades sugeridas em função do VDM.

Velocidades sugeridas em função do VDM

Classe	VDM (veículo/ dia/ bidirecional)	Volume de veículos comerciais	Tipo de revestimento	Largura (m)		Rampa máxima(%)			Velocidade (km/h)		
				Faixa	Acostamento/ Refúgio	Plano	Ondulado	Montanhoso	Plano	Ondulado	Montanhoso
A	> 1500	> 600	Pavim.	7,0	2,7	6	10	14	80	60	50
B	1000-1500	400-600	Pavim.	7,0	2,5	6	10	14	80	60	50
C	600-1000	240-400	Pavim.	7,0	2,0	6	10	14	80	60	50
D	200-600	80-240	Pavim./ Não Pavim.	6,4	1,2	7	10	16	60	50	30
E	< 200	< 80	Pavim./ Não Pavim.	6,0	1,0	7	11	16	50	40	30

ESTUDOS DE TRÁFEGO

Antes de iniciar qualquer projeto, é necessário saber qual o tipo de tráfego irá passar pela via estudada. Interessará saber o número médio de veículos que passarão por dia (volume de tráfego), as porcentagens de veículos de carga e de passeio (composição da frota), e os maiores veículos que utilizarão a estrada com frequência. Esses dados só poderão ser estimados com base em estudos de tráfego que levem em conta a "vida útil" pretendida para a estrada.

Os estudos de tráfego devem estimar não apenas o tráfego presente, mas, também, o futuro.

São levados em consideração os veículos leves (automóveis e utilitários), os ônibus e os caminhões de diversos tipos. Estes últimos são os veículos que mais influem na fixação das características geométricas e físicas da estrada.

O tráfego de uma estrada ou rodovia vicinal é estimado, geralmente, com base nas "contagens de tráfego" e, especialmente, em pesquisas de "origem e destino", efetuando-se projeção de crescimento futuro.

Todavia, apesar das imprecisões, as previsões são necessárias, e em geral baseiam-se no conhecimento do tráfego passado e das suas tendências.

O crescimento do tráfego é diretamente influenciado pela economia regional. No Estado de São Paulo, o crescimento da atividade agrícola é um bom exemplo, com consequente aumento de tráfego de veículos de carga. Recomenda-se a priori que seja feita uma avaliação da região onde está inserida a estrada vicinal, sendo a evolução do PIB municipal o parâmetro utilizado para a avaliação do crescimento anual do tráfego de veículos.

Entre os meios mais simples que podem dar um suporte às projeções do tráfego está a evolução do consumo de combustível.

Outros métodos podem ser considerados, como o uso do solo e a mútua atração de vários usos complementares, tais como habitação, e a localização de centros comerciais, pontos de armazenagem e de industrialização de produtos agrícolas.

Outras considerações podem ser feitas, como, por exemplo, a projeção de crescimento da população e do número de veículos por habitante, conhecida como "índice de motorização".

As projeções deverão indicar o número dos automóveis, ônibus e caminhões para o horizonte do projeto, ou seja, durante todo o período de "vida útil" da estrada. Com base nestas informações é que se definirão as principais características da estrada.

Em geral adotam-se "veículos de projeto", que condicionam diversos itens do projeto da estrada.

A escolha do veículo de projeto, em cada caso, deve levar em conta os maiores veículos que aparecem significativamente na composição do tráfego.

Nas vicinais usuais esse veículo corresponde em geral ao caminhão médio, com eixo traseiro duplo. Entretanto, como citado anteriormente, veículos muito pesados de até 9 eixos se utilizam dessas vicinais em regiões específicas.

Certos elementos do projeto são estabelecidos em função das maiores dimensões e cargas legais dos veículos. Informações sobre esses assuntos de acordo com a legislação vigente estão incluídas no Volume III do Manual, no Anexo 3.

NOÇÕES BÁSICAS DE PLANEJAMENTO

No Planejamento de uma estrada ou rodovia vicinal se define o "que", "quando" e "como" projetar, executar, operar e conservar uma vicinal.

Para se planejar o "que" fazer, é necessário elaborar vários estudos e levantamentos que fornecerão subsídios para definição do nível da categoria da estrada, tais como estudos de tráfego, geológico-geotécnico, além de levantamentos de dados de acidentes, de pontos negros, de restrições geométricas, pontos de passagens obrigatórias e/ou críticas etc.

Com base nessas informações define-se o "que" fazer no projeto de implantação, como: definição de novo traçado, e/ou retificações geométricas pontuais e melhorias da ligação existente, tornando-a estrada vicinal perene.

Nestes últimos anos, houve uma evolução muito grande das propriedades rurais, passando de minifúndios para megaculturas, como as da cana-de-açúcar, de grãos, e de culturas para produção de papel e celulose. Soma-se a este fato a evolução dos equipamentos de transporte pesado (treminhões de até 9 eixos). Nestes casos, as estradas vicinais deixaram de ser simples coletoras de produções das pequenas propriedades que utilizavam seus próprios veículos de transporte (caminhões de 3 eixos no máximo), e se transformaram em estradas de tráfego pesado, sendo mais utilizadas agora por usineiros no transporte de cana-de-açúcar para abastecer suas usinas de álcool e açúcar.

Analogamente, existem transportes com veículos muito pesados nas regiões produtoras de madeira para papel e celulose e de grãos que se utilizam de rodovias vicinais. Dentro dessa conjuntura, as estradas vicinais passam a exercer função muito importante para o escoamento de grandes produções agrícolas, com tráfego de veículos muito pesados

e de grande porte como treminhões de até 9 eixos. Decorre assim, para estes casos, a necessidade de projetos mais onerosos com pavimentos de maior suporte, condições geométricas com menos rampas críticas e íngremes para veículos pesados, interseções e acessos com geometria compatível e segura para manobras destes veículos longos etc.

O planejamento deve contemplar sistemas de controle de cargas dos caminhões para garantir a carga máxima legal nos veículos e respeitar a vida útil do pavimento para a qual foi dimensionada, garantindo o retorno dos investimentos realizados pelo poder público.

A alocação dos recursos necessários para custos adicionais de implantação e/ou melhoramento, restauração, conservação e operação de estradas vicinais ocasionados pelo transporte dessas grandes culturas agrícolas deverá ser reavaliada e definidas novas alternativas através de outras fontes provenientes das esferas federais, estaduais, municipais e principalmente das privadas que utilizam diretamente essas vicinais.

Quando ocorrem restrições orçamentárias, existe a necessidade de se definir prioridades de qual ou quais estradas vicinais que deverá(ão) ser contemplada(s) com a(s) intervenção(ões) de restauração, recuperação, e/ou melhoramento. Estas prioridades poderão ser definidas com base em parâmetros técnico-econômicos fornecidos pelo programa *Highway Design and Maintenance Standards Model* (HDM) desenvolvido pelo Banco Internacional para a Reconstrução e o Desenvolvimento (BIRD), já em utilização pelo DER/SP.

Para projetos de estradas vicinais convencionais sem tráfego pesado, bem como das turísticas, deverão ser obedecidas as Instruções de Projeto do DER/SP, códigos IP-DE-A00/008 e A00/009, respectivamente, para os Projetos de Implantação e de Perenização de Rodovias Vicinais pelo Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo - DER/SP.

Para restauração e recuperação de rodovias vicinais poderão ser utilizadas metodologias com base no índice de serventia ou com base no coeficiente de irregularidade.

O planejamento da conservação de rotina deverá ser efetuado através do Sistema de Administração para a Conservação de Rodovias Vicinais – SAC, apresentado no Anexo 10 do Volume III deste Manual.

No planejamento da execução, principalmente, o "quando" é muito importante, pois as obras de melhoramento ou implantação de uma rodovia vicinal deverão ser executadas de forma que o transporte da safra agrícola não sofra solução de continuidade, devendo assim, ser planejadas para implantação, preferencialmente, fora da temporada de chuvas. Deverão ainda, ser previstos desvios em condições de tráfego permanente e seguro, com sinalização de obras de acordo com as normas vigentes no DER/SP, visíveis diuturnamente, durante todo período de execução das obras.

Todas as estradas vicinais deverão estar inseridas ou interligadas às malhas dos Sistemas Rodoviários Federais, Estaduais e Municipais, e ser identificadas conforme normas pertinentes em vigor dos órgãos rodoviários (DNIT/DNER , DER/SP, e demais DER's).

NOÇÕES DE PROJETO E CONSTRUÇÃO

A decisão de efetuar um investimento numa determinada estrada vicinal deve ser tomada preferencialmente com base em critérios de análise econômica, procurando-se quantificar os benefícios e os custos associados ao mencionado investimento.

Os benefícios que decorrem da implantação (ou melhoria, ou pavimentação) de uma estrada vicinal se traduzem principalmente pela diminuição dos custos operacionais dos veículos, e, portanto dos custos dos transportes. Essa redução decorre da melhoria das condições de tráfego e depende, principalmente, da redução de rampas, aumento de raio das curvas, regularização da superfície de rolamento e, muitas vezes, do encurtamento do percurso.

Caberá à Administração Pública fazer os estudos de viabilidade da obra através da comparação dos gastos para a construção e operação da estrada com os benefícios provenientes da sua implantação. Para esses estudos é necessária a preparação de um projeto básico da estrada, incluindo um orçamento aproximado das obras projetadas.

Tomada a decisão de efetivar o investimento, torna-se indispensável a elaboração de um projeto completo, que propiciará agora um orçamento detalhado dos serviços. Com base nesse orçamento é que serão alocadas as verbas necessárias à implantação da obra.

A função primordial do projeto é a de fornecer desenhos, especificações e demais informações que permitam a construção da estrada de acordo com os padrões escolhidos. Com base nestes elementos, será elaborado o orçamento da obra, imprescindível à programação de sua execução.

É muito importante que o projeto leve em conta os problemas e os custos associados à operação das estradas, o que inclui sua conservação.

Considerando-se a experiência que os engenheiros e os respon-

sáveis pela conservação adquirem ao longo dos anos de serviço nas estradas em operação, eles são os profissionais mais indicados para apontar as atividades de projeto que necessitam de maior atenção no seu detalhamento para minimizar os serviços de conservação ou melhoria de sua eficiência.

Assim, é recomendável que se utilize a valiosa contribuição que os responsáveis pela conservação podem prestar solicitando-lhes uma avaliação preliminar dos projetos rodoviários antes de sua aprovação final.

Alguns problemas de conservação podem ser consideravelmente diminuídos se houver essa troca de informações, englobando tanto profissionais do corpo técnico municipal quanto do DER/SP. Recomenda-se, sempre que possível, que ocorra o acompanhamento conjunto destes profissionais durante a execução das obras.

Deve ser enfatizada a importância dos problemas de drenagem desde as primeiras etapas da elaboração do projeto. Algumas sugestões pertinentes ao assunto serão apresentadas ao considerarmos os diversos itens de projeto.

Os serviços de construção necessários à implantação de uma estrada, ou a introdução de melhoramentos na mesma devem ser claramente especificados.

O DER/SP dispõe de uma coletânea de Instruções de Projeto e Especificações de serviços que, para cada um dos serviços de construção, fornece sua descrição, os materiais utilizados (quando é o caso), e a forma de execução, relacionando os equipamentos e os procedimentos de execução e controles usuais.

Esta coletânea é de grande valia para orientar os responsáveis pelos serviços rodoviários, desde o seu projeto e orçamento, até, e principalmente, a sua execução e acompanhamento. Recomenda-se sua consulta sempre que se cogitar elaborar o projeto e a execução de estradas.

Apesar do programa das estradas vicinais do DER/SP ter sido realizado, na sua quase totalidade, sobre as estradas municipais já existentes, é interessante analisar inicialmente a implantação de trechos novos, isto é, sem as limitações decorrentes do aproveitamento das estradas existentes.

ESTUDOS PRELIMINARES. DEFINIÇÃO DO TRAÇADO

O projeto deve ser precedido dos estudos de tráfego, e dos levantamentos topográficos, hidrológicos e geotécnicos.

Os seguintes elementos, geralmente, são fáceis de se obter no Estado de São Paulo, e permitem a realização dos estudos preliminares: plantas de restituição aerofotogramétrica, fotografias aéreas, plantas cartográficas, foto-mosaicos, informações sobre o uso do solo e dados básicos sobre o tráfego, sobre as chuvas e sobre a geologia da região na qual se desenvolverá a estrada.

Nos estudos preliminares poderão ser utilizadas cartografias digitais existentes no mercado, tais como do Google Earth e Aster (quando compatível com a precisão requerida). A utilização das cartas do IBGE deverá ser precedida de uma análise dos dados cadastrais, por meio de comparação entre essas cartas e a real situação observada no campo ou por outros meios.

A primeira etapa do projeto corresponde à definição do traçado, velocidade diretriz do trecho, e estabelecendo-se seus pontos inicial e final.

São também fixados os "pontos obrigatórios" do traçado, decorrentes de fatores topográficos (gargantas, rios etc.) e de outros condicionantes importantes, tais como os principais pólos geradores de tráfego (atuais e futuros).

Os estudos do traçado são feitos sobre os dados cartográficos, fotos, restituições etc., e em geral são analisadas e comparadas duas ou três alternativas de traçado para se definir a mais adequada.

Como orientação geral, o traçado procurará seguir, sempre que possível, os divisores de água, ou espigões. Este traçado confere à estrada uma boa condição de drenagem.

ESTUDOS TOPOGRÁFICOS, HIDROLÓGICOS E GEOTÉCNICOS

Com a definição preliminar do traçado, podem-se realizar com maior detalhe os estudos topográficos e, a seguir, os hidrológicos e geotécnicos que permitirão a elaboração do projeto.

Os estudos topográficos iniciais têm por objetivo efetuar o levantamento de uma faixa ao longo da qual vai se desenvolver o projeto da estrada. Os dados levantados deverão permitir a representação do relevo da faixa, bem como todas as construções, cercas, culturas, cursos d'água, estradas e caminhos, linhas de transmissão, adutoras, matas etc., nela existentes.

Os estudos hidrológicos nessa etapa procurarão coletar, no campo, informes sobre os níveis máximos de enchentes, e as seções das obras de vazão porventura encontradas. Paralelamente, serão pesquisados os dados hidrológicos disponíveis nos órgãos públicos, principalmente quanto às chuvas verificadas ao longo dos últimos anos.

Quanto aos estudos geotécnicos iniciais, em geral se limitarão a indicar a ocorrência de áreas brejosas, afloramentos de rocha e ocorrências de materiais que poderão eventualmente serem utilizados na construção, tais como pedreiras, jazidas de pedregulho, areia ou solos arenosos etc.

PROJETO DA ESTRADA

O projeto deve abranger os seguintes itens: projeto geométrico, terraplenagem, pavimentação, sinalização, geotecnia, meio ambiente, obras-de-arte especiais, drenagem, desapropriação, interferências, obras complementares etc. Deve também indicar as áreas necessárias para a implantação da estrada, sugerindo a largura conveniente para a faixa de domínio.

O projeto deverá sempre apresentar a quantidade prevista para cada um dos itens de serviço projetados. Isso permitirá que o orçamento para a implantação das obras seja o mais próximo possível do seu custo real.

PROJETO GEOMÉTRICO

Em decorrência dos estudos retro enumerados, deve-se fixar, inicialmente, os parâmetros geométricos limites a serem utilizados no projeto, tanto em planta como em perfil. Estes parâmetros devem ser definidos visando-se estabelecer uma velocidade de operação tão uniforme quanto possível, em todo o percurso da estrada.

A seguir, devem ser elaborados os estudos preliminares, em planta, sobre os desenhos que representam a faixa topográfica levantada.

O perfil do terreno natural é obtido pelas curvas de nível que são interceptadas pelo eixo da estrada em projeto (linha base = $\llcorner_B$).

Com a seção transversal típica poderão se obter os volumes de terraplenagem de cada alternativa de traçado estudada.

Após a análise sob os aspectos técnico-econômico e ambientais, a alternativa deverá ser detalhada, atendendo-se as observações a seguir:

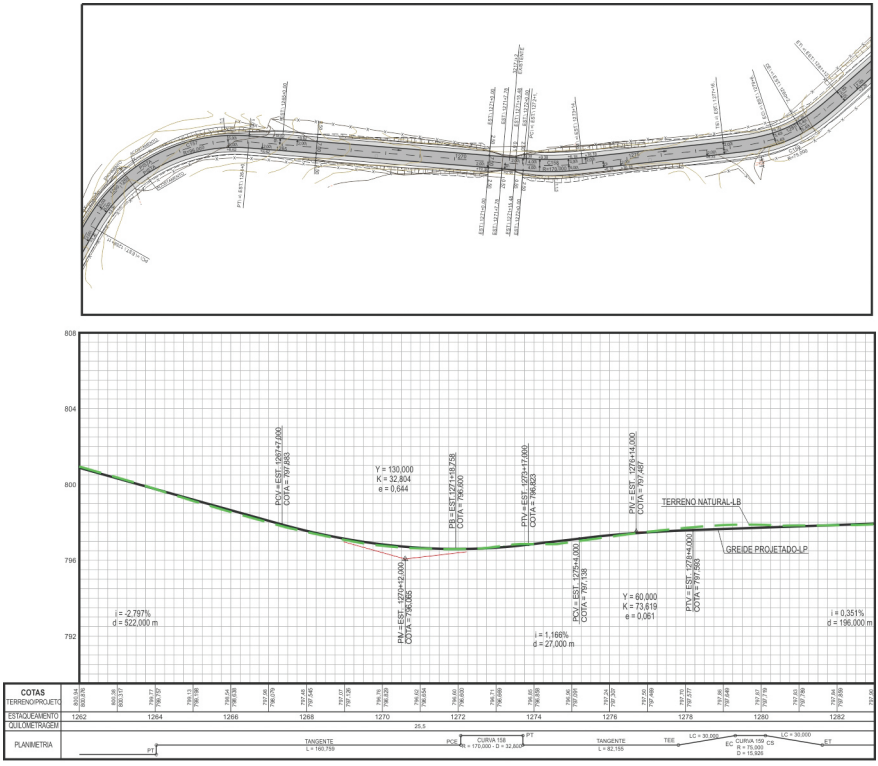
ALINHAMENTO HORIZONTAL

A planta, que consubstancia a definição planimétrica do projeto, deverá conter as seguintes informações:

- eixo da estrada, com a indicação do estaqueamento e a representação do relevo do terreno com curvas de nível a cada metro (linha base = $\llcorner_B$);
- bordas da pista, pontos notáveis do alinhamento horizontal (PCs, PTs, PIs etc.) e elementos das curvas (raios, comprimentos, ângulos centrais), bem como os respectivos quadros de curvas horizontais;
- localização e limite das obras-de-arte corrente, especiais e de contenção (muros de arrimo, por exemplo);
- linhas indicativas dos limites aproximados da terraplenagem (pés de aterro, banquetas, bermas de equilíbrio, cristas dos

cortes), dos limites da faixa de domínio, das divisas entre propriedades, nomes dos proprietários, tipos de cultura e indicação dos acessos às propriedades lindeiras.

A planta será desenhada na escala 1:1.000. Deverão ainda ser executados desenhos suplementares, agrupados por assunto (drenagem, pavimentação etc.), de forma a permitir uma compreensão clara de todos os serviços a serem executados.



Projeto Geométrico - Planta e perfil

ALINHAMENTO VERTICAL

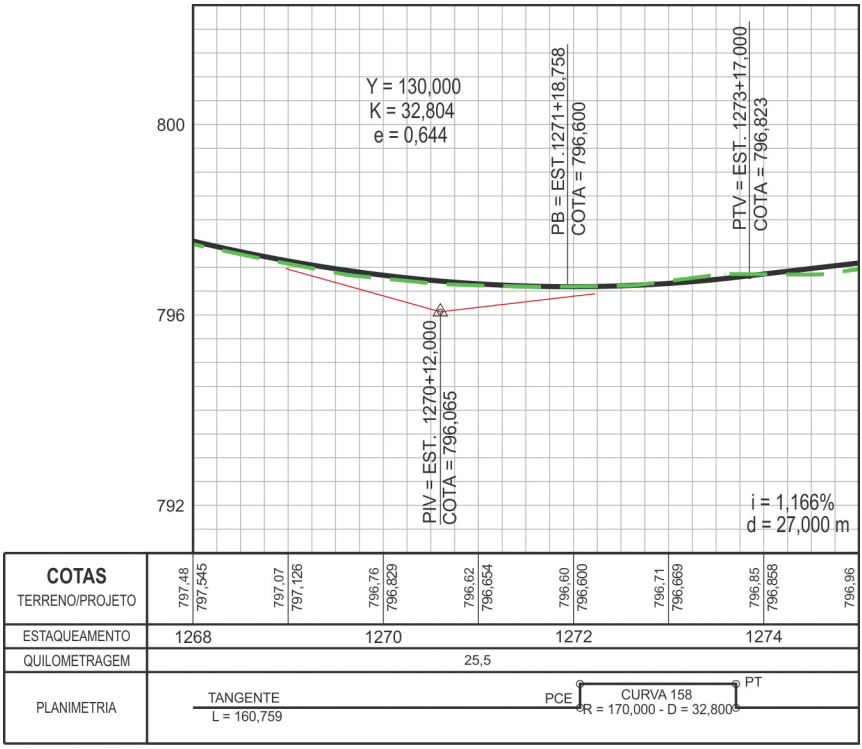
O perfil longitudinal será desenhado nas escalas horizontal H, de 1:1.000 e vertical V, de 1:100.

Os desenhos deverão indicar:

- o perfil longitudinal do terreno aplicado na linha base (L_B);
- a linha do greide aplicado na linha de perfil (LP);
- a indicação das estacas e cotas de PIVs, PCVs, PTVs e dos acessos às propriedades lindeiras;
- o comprimento das curvas verticais de concordância (Y);
- as rampas em porcentagem (i=0,000%);
- a flecha máxima no PIV (e);
- as cotas da linha do greide em estacas inteiras e em locais de seções transversais especiais;
- a localização e limites das obras-de-arte corrente e especiais, com indicação de dimensões e cotas de soleira;
- cotas das lâminas d'água nas obras de drenagem de maior porte, e cotas do lençol freático quando requeridas.

Nos projetos do DER/SP, é também frequente a representação do Diagrama de Massas, em escala adequada. Esse diagrama é explicado no Volume III, Anexo 6, deste Manual.

Sempre que necessário, serão feitos desenhos explicativos à parte, com os mesmos dados básicos usados no desenho principal.



Perfil longitudinal

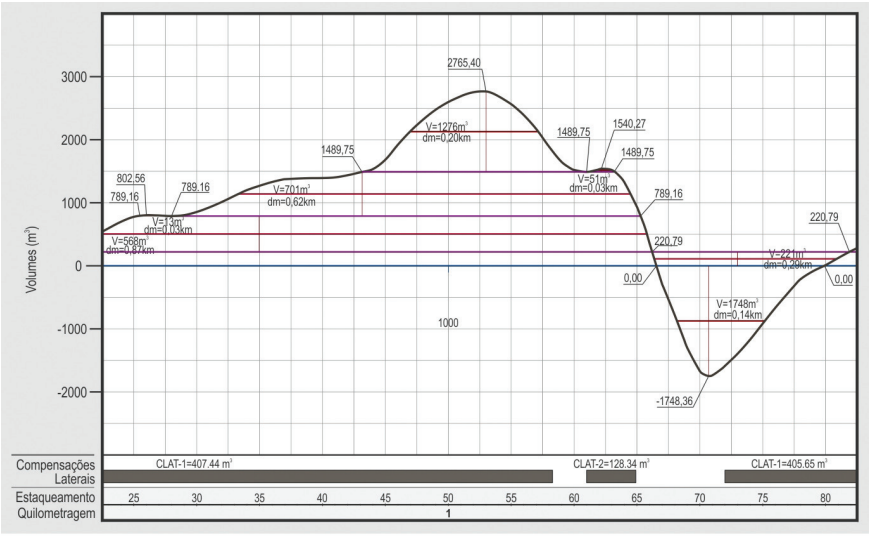


Diagrama de Massas ou Brückner

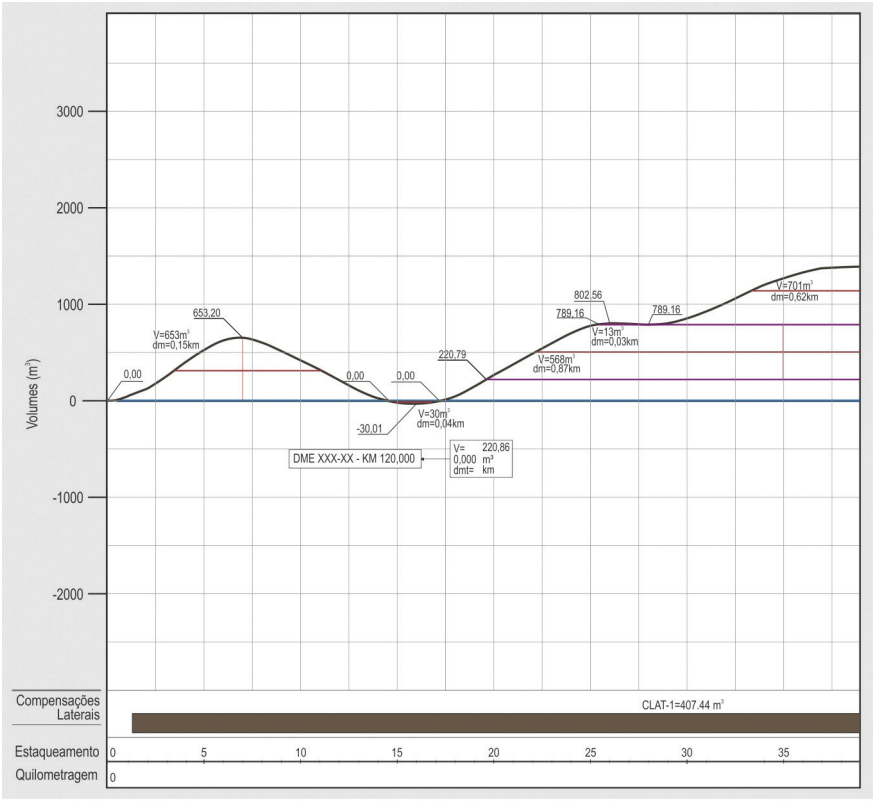


Diagrama de Massas ou Brückner

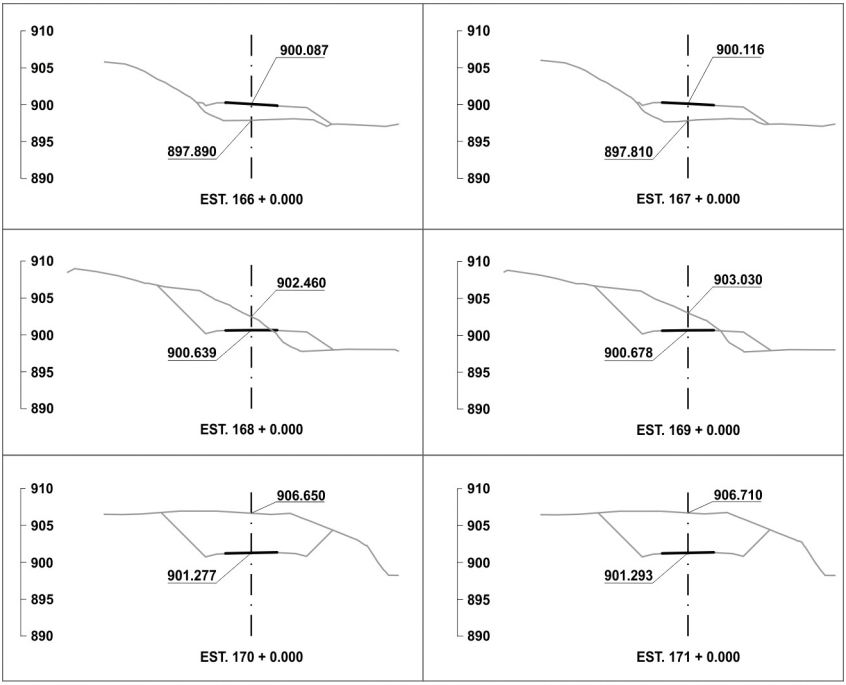
SEÇÕES TRANSVERSAIS COM NOTAS DE SERVIÇO DE PLATAFORMA ACABADA

As comuns são perpendiculares ao eixo, nas estacas inteiras, a cada 20 m, e indicam, em desenhos feitos na 1:200, a linha do terreno original e a seção projetada.

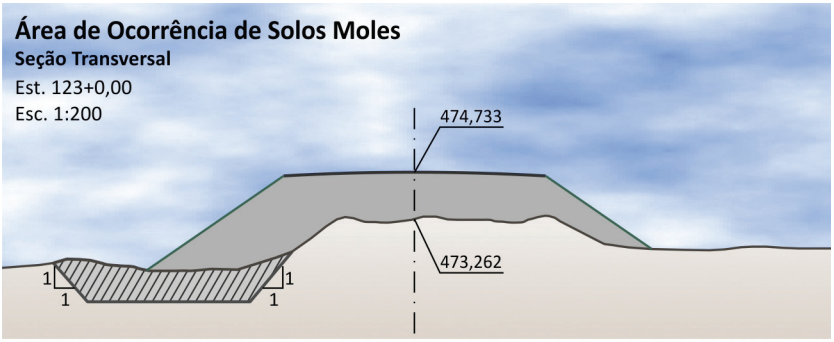
Mostram, em cada estaca, com as cotas necessárias, a terraplenagem proposta. Isso inclui a indicação dos taludes, os limites de categorias de terreno (material rochoso, por exemplo) a faixa de domínio, as cercas, as áreas de corte e aterro (destinadas ao cálculo dos volumes de terraplenagem) e o acabamento lateral da seção para sua adaptação ao terreno adjacente.

As seções transversais especiais têm a finalidade de ilustrar as

soluções propostas para os problemas que vierem a requerer consideração específica, tais como: remoção de solos moles, restrições na faixa de domínio, bueiros, estruturas de drenagem especiais, muros



Seções transversais



Seção transversal

de arrimo, canais, linhas de transmissão de energia elétrica, contenção de prédios adjacentes etc.

Será requerida a ortogonalidade com o eixo da estrada e o seu título deverá conter as informações necessárias à sua interpretação (estaca do eixo, ângulo com a perpendicular ao eixo etc). Eventualmente, serão indicadas na planta. Serão desenhadas na escala 1:200.

As inclinações usualmente empregadas nos taludes são: no corte, um metro na horizontal (H) para um na vertical (V), e no aterro, três na horizontal, para dois na vertical. Essas inclinações deverão ser estudadas e adequadas às características geotécnicas dos solos dos cortes e do corpo dos aterros.

A faixa de domínio deverá ter sua largura igual a distância entre os "off-sets" acrescida de 10 m para cada lado, segundo recomenda o Manual de Rodovias Vicinais do BIRD/BNDES/DNER.

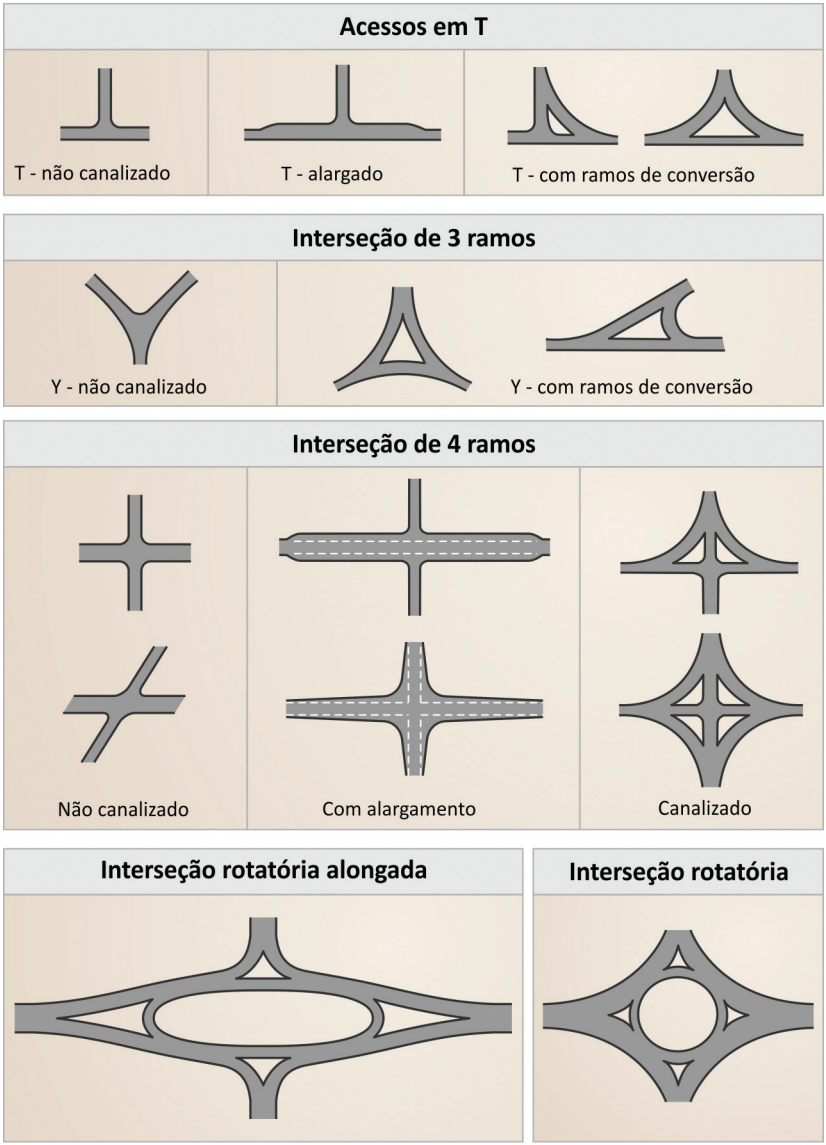
Verifica-se, entretanto, na prática, em São Paulo, que essa condição tem sido difícil de ser atendida na sua totalidade, principalmente nas regiões agrícolas mais valorizadas.

CRUZAMENTOS, ENTRONCAMENTOS E ACESSOS

Muitos acidentes rodoviários ocorrem nestes locais, que correspondem a "pontos de conflito" do tráfego, isto é, pontos onde dois fluxos de veículos se cruzam.

Desta forma, projetos específicos devem ser elaborados. O assunto é complexo e deverá ser examinado em conjunto com o DER local. Faremos apenas algumas considerações sobre o mesmo.

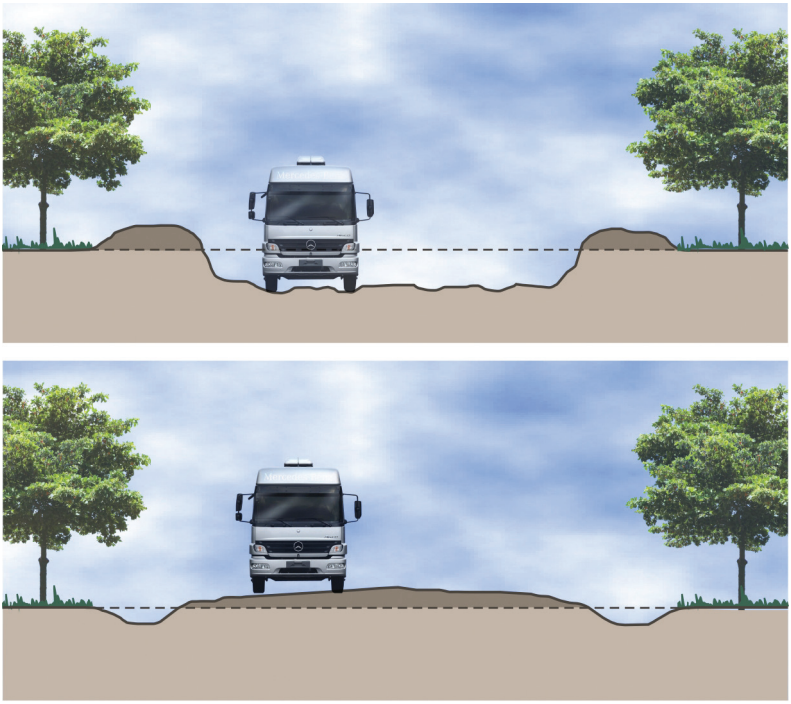
De um modo geral, o projeto deve procurar minimizar o número de cruzamentos, propiciar conveniente distância de visibilidade dos pontos de conflito, e facilitar a inserção dos veículos nas curvas. Deve também procurar tornar o ângulo entre os ali-



Tipos gerais de interseção em nível

nhamentos das vias que se cruzam o menos agudo possível, para evitar o risco de colisões frontais.

Quando esta última condição não puder ser conseguida, devem ser utilizadas "ilhas" para a canalização do tráfego. Isto evitará espaços vazios, causadores de penosos instantes de indecisão por parte do motorista.



Recomendação de greide elevado em relação ao terreno

RECOMENDAÇÕES PARA PROJETO GEOMÉTRICO

Devido às limitações econômicas nas vicinais, nem sempre será possível aplicar as recomendações que se seguem. Entretanto, é bom que o projetista as tenha em mente e as utilize, na medida do possível.

Cabe lembrar que, se os padrões de projeto não forem adequados, todo o investimento ficará bastante prejudicado, pois a estrada estará obsoleta dentro de poucos anos. Assim, é importante cuidar para que os fatores fundamentais do projeto sejam estabelecidos numa base definitiva, sempre que possível. Entre esses fatores destacam-se os relacionados com o traçado e com o projeto geométrico.

Em planta (alinhamento horizontal) é recomendado, por razões de segurança, utilizar curvas amplas, ou seja, de raios grandes, e evitar tangentes muito extensas.

Pelas mesmas razões é recomendado que as curvas horizontais à direita e à esquerda se alternem ao longo do traçado, evitando-se duas curvas sucessivas para o mesmo lado.

No traçado em perfil (alinhamento vertical) é recomendável projetar o greide "elevado" em relação ao terreno, e não nele "encaixado", para possibilitar uma drenagem eficiente.

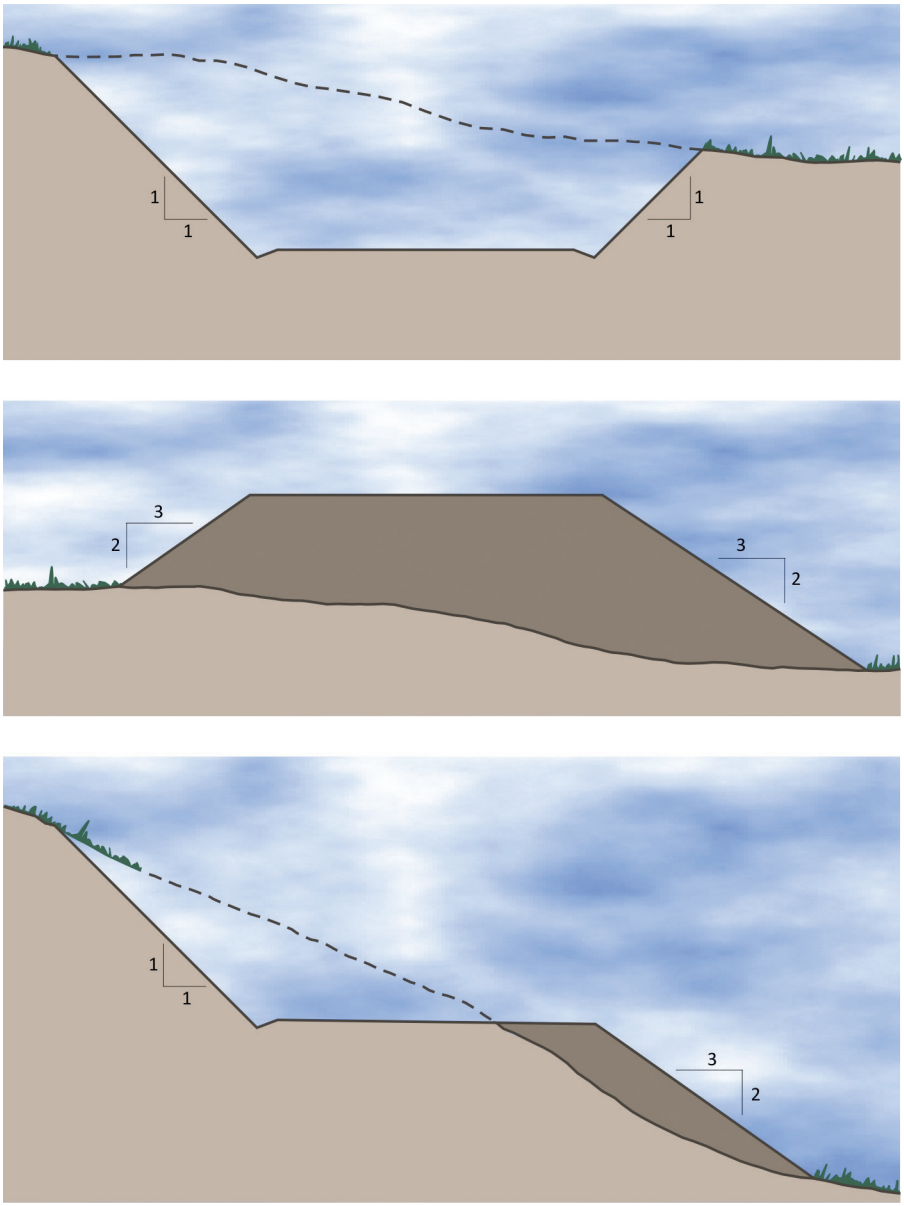
Particularmente, nas estradas não pavimentadas, os problemas decorrentes de "greides encaixados" tendem a se agravar com o tempo, devido às operações usuais de regularização do seu leito, que o vão rebaixando.

Da mesma forma que, para as curvas horizontais, é recomendável utilizar curvas verticais amplas e alternar as curvas "côncavas" e as "convexas".

É também recomendado procurar uma correspondência entre as curvas verticais e horizontais, de preferência a curva horizontal iniciando-se um pouco antes e terminando um pouco depois da vertical.

Com o intuito de reduzir os custos de implantação, é recomendado que as plataformas sejam mantidas com o mínimo de largura compatível com as necessidades.

Nota-se que, quanto menor a largura da plataforma, menor o custo de implantação. Entretanto, os custos de operação para larguras peque-



Seções em corte, aterro e mista

nas tendem a aumentar, devido principalmente ao fato de ficar muito limitado o espaço disponível para permitir uma drenagem adequada da estrada. Por esse motivo, o assunto não comporta uma resposta simples, mas deve ser analisado em função dos fatores locais, em cada caso.

As seções mais usuais para vicinais em São Paulo têm sido projetadas com plataformas de largura entre 9,0 e 11,0 m. Entretanto, tendo em vista o crescente aumento de tráfego pesado de caminhões longos e biarticulados, principalmente nas regiões canavieiras, recomenda-se desde que possível, para melhoria das condições de segurança, a utilização de plataforma que comporte, além das faixas de rolamento, os acostamentos e os dispositivos de drenagem superficial, necessitando uma plataforma mínima de 14,0 m.

Quanto aos taludes, recomenda-se, por critério econômico, manter a prática usual do DER/SP, adotando nos cortes a relação H/V de 1:1 (para solos não coesivos recomenda-se a relação 2:3), e, nos aterros, de 3:2, que tem dado bons resultados. Em casos específicos com solos de características geotécnicas de baixa estabilidade deverão ser estudadas com maior profundidade a estabilidade destes taludes, definindo tecnicamente inclinações mais seguras evitando-se assim problemas futuros de deslizamentos, propiciando maior segurança aos usuários.

Com relação à faixa de domínio, nem sempre é possível dispor da largura ideal. Entretanto, é importante contar com uma largura, além dos "off-sets", no mínimo suficiente para as valetas de proteção nos cortes, e para as valetas de pé de aterro, quando necessárias.

Quanto aos cruzamentos, entroncamentos e acessos, convém reiterar a recomendação de mantê-los espaçados entre si, com boa distância de visibilidade, e evitando ângulos agudos entre os fluxos de tráfego.

TERRAPLENAGEM

NOÇÕES PRELIMINARES

A terraplenagem consiste basicamente na escavação do terreno, ao longo do eixo da estrada, nos pontos altos, que precisam ser rebaixados para atingir a altura do greide projetado e a rampa mínima para a classe da vicinal, e o transporte do material escavado, sua descarga e compactação nos pontos baixos, que precisam ser elevados até as cotas do greide.

Dificilmente há uma compensação exata entre os volumes escavados para atingir o greide (cortes) e os volumes depositados e compactados para o mesmo fim (aterros). Quando predominam os primeiros, os volumes excedentes são destinados aos "bota-foras". Quando ocorre o inverso, isto é, quando os volumes necessários para a construção dos aterros são maiores do que os escavados nos cortes, recorre-se à escavação de "empréstimos" para a obtenção dos volumes faltantes.

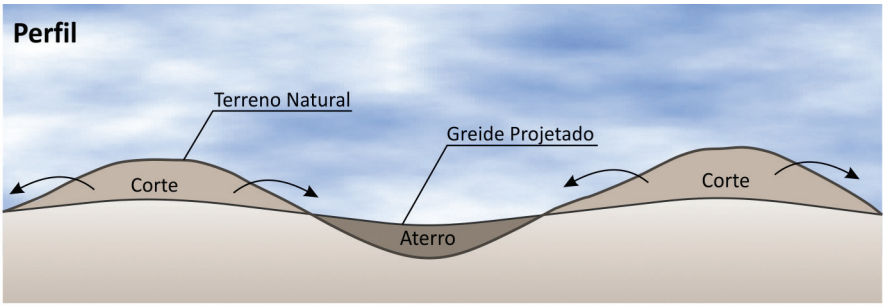
Além dessas atividades, a terraplenagem compreende serviços preliminares, destinados a preparar o terreno para a execução dos cortes e aterros, tais como, por exemplo, a limpeza, o desmatamento etc.

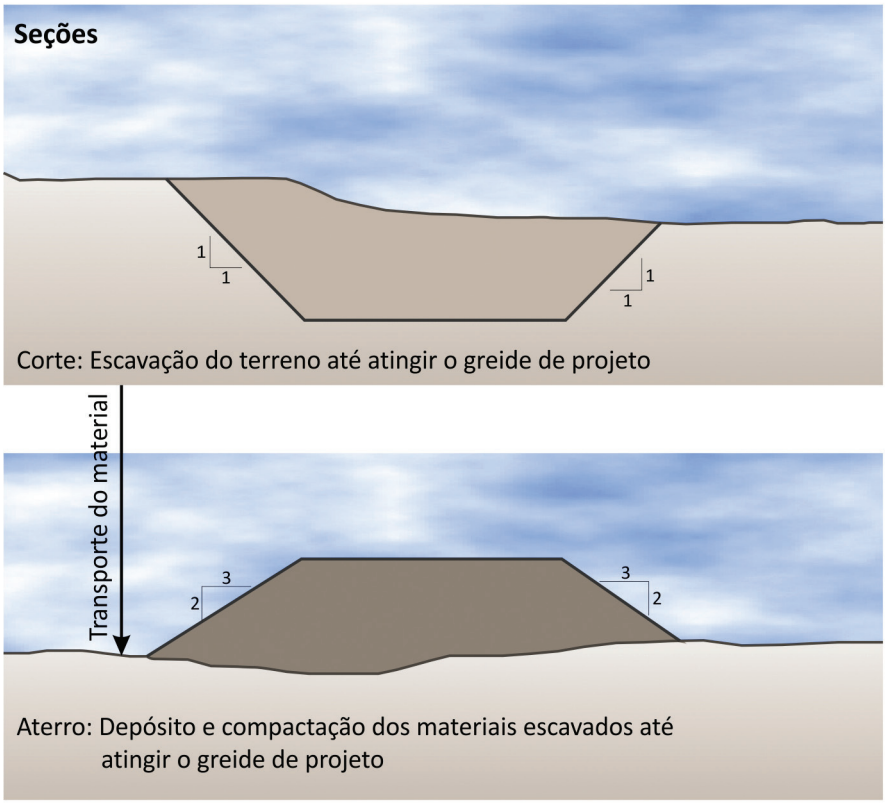
MATERIAIS

Os materiais trabalhados pela terraplenagemsão os solos e as rochas.

Os solos são formados pela alteração das rochas. Podem permanecer no lugar em que se formaram (solos residuais) ou serem transportados, pela água ou pelo vento, acumulando-se em outros lugares (solos sedimentares).

É usual, em terraplenagem, denominar os solos como "materiais de primeira categoria", indicando que sua escavação é relativamente fácil. As rochas são chamadas de "materiais de terceira categoria", e sua escavação requer a utilização de explosivos. As rochas em alteração,



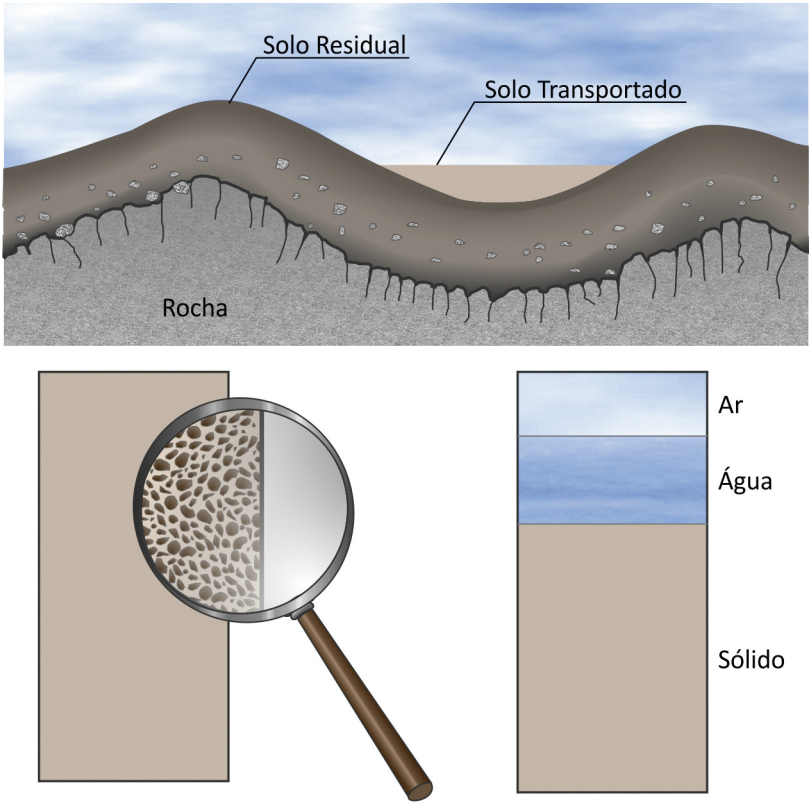


Terraplenagem - Compensação

que ainda não chegaram a se transformar completamente em solos, ou as misturas de pedras com solo, são classificadas como materiais de "segunda categoria" e a sua escavação apresenta uma dificuldade que é intermediária entre a dos solos e a das rochas.

Os solos são constituídos por partículas sólidas, sendo os espaços entre as mesmas preenchidas por ar e/ou água. São normalmente caracterizados por sua granulometria e consistência.

O teor de água, ou umidade, é dado pela porcentagem de água em relação ao solo seco.



Tipos de composição dos solos

Mede-se o teor de umidade por pesagem antes e depois da secagem de uma amostra do solo, calculando-se a relação percentual entre o peso da água e o peso do solo seco.

A granulometria indica as proporções em que ocorrem suas partículas constituintes, classificadas de acordo com o diâmetro dos seus grãos.

A consistência depende da granulometria do solo, da forma dos grãos componentes e da maior ou menor presença de água.

Os solos são compostos por frações denominadas:

- pedregulhos, quando as partículas têm diâmetro entre 7,60 mm e 4,80 mm;
- areias, entre 4,80 mm e 0,05 mm;
- siltes, entre 0,05 mm a 0,005 mm (5 micra);
- argilas, com diâmetro menor que 0,005 mm.

Dificilmente são encontrados solos constituídos de uma só destas frações. Entretanto, é útil conhecer as proporções em que estão presentes num determinado solo.

A análise granulométrica separa os grãos do solo nos seus vários tamanhos e determina suas proporções.

Para os pedregulhos e areias, o processo utilizado é o do peneiramento.

Para as partículas finas, com diâmetro abaixo de 0,075 mm, utiliza-se o processo de sedimentação, onde os grãos maiores são depositados mais rapidamente que os finos.

A velocidade de decantação é medida em função da variação de densidade numa dada altura e num determinado tempo. O líquido vai ficando mais claro à medida que a densidade diminui.

Através das medições de densidade, chega-se às proporções dos grãos de várias dimensões. Na ilustração a seguir estão indicados os equipamentos e sequência de execução do ensaios para a determinação da granulometria de um solo.

Peneiras utilizadas no ensaio de granulometria

Conjunto da série de peneiras

Colocação da amostra seca no conjunto de peneiras

Vibrador de peneiras

Peneira nº 200 com material retido

Copo do dispersor

Dispersor

Proveta de 1.000 ml

Movimentos de inversão da proveta com a mão

Densímetro na proveta

Sequência dos equipamentos utilizados na análise granulométrica

A consistência dos solos varia principalmente em função da quantidade de argila nele contida e do seu teor de água.

A consistência é caracterizada pelo comportamento do solo: líquido, plástico, semissólido e sólido.

Existem limites, quanto ao teor de umidade, entre cada um destes estados. Estas divisas são chamadas limites físicos, ou de At-

terberg: Limite de Liquidez (LL), Limite de Plasticidade (LP), e Limite de Retração (LR).

Assim, o solo se comportará como um líquido, ou como uma lama muito mole, se estiver com um teor de umidade superior ao LL.

Terá um comportamento plástico, isto é apresentará uma deformação "permanente" após a aplicação de um esforço, dentro de certos limites, se estiver com um percentual de água entre o LL e o LP.

Apresentará um comportamento semissólido quando a umidade estiver entre o LP e o LR.

E finalmente se comportará como um sólido (ou como constituído de partículas soltas, ou grãos sólidos) quando estiver com umidade inferior ao LR.

Deve-se notar que essas "divisas" dependem da maneira com que são aplicados os esforços e de sua grandeza. Por essa razão, há necessidade de ensaios padronizados para a obtenção desses limites.

Na sequência são demontrados de maneira simplificada os ensaios de consistência, limites de Atterberg. O Limite de Liquidez é determinado em laboratório com a utilização do aparelho de Casagrande, constituído por uma manivela que move uma concha metálica, fazendo-a cair sobre uma base de ebonite, certo número de vezes.

Prepara-se certa quantidade de pasta com teor de umidade bem definido. Coloca-se esta pasta na concha por meio de uma espátula.

Com o auxílio de um bisel especial, faz-se uma ranhura na pasta segundo o eixo da concha. Em seguida, coloca-se a concha no aparelho, submetendo-a a quedas seguidas ("golpes"), pelo acionamento de uma manivela.

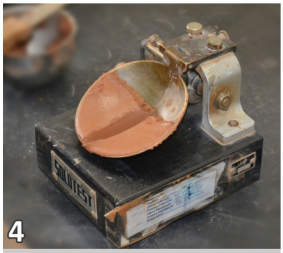
Anota-se o número de quedas necessárias para que se feche um centímetro ao longo da ranhura.

O Limite de Liquidez é definido pelo teor de umidade necessário para que esse fechamento de um centímetro se dê com 25 golpes.

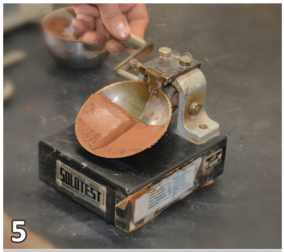
Homogeneização

Solo na concha do aparelho de Casagrande

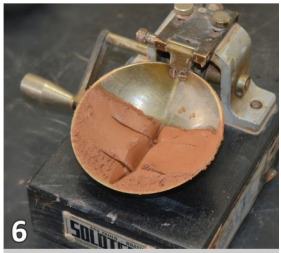
Abertura de ranhura com cinzel curvo



Amostra preparada para início ao ensaio



Início dos golpes



Detalhe da ranhura após os golpes

Sequência para determinação do Limite de Liquidez

Essa umidade é determinada através de ensaios sucessivos, marcando-se o número de golpes até o fechamento, para diversas umidades, e interpolando-se, se for o caso, para deduzir a umidade que corresponderia a 25 golpes.

O ensaio para determinação do Limite de Plasticidade inicia-se como se faria com uma massa de pão para moldar uma bolinha.

Em seguida rola-se a bolinha, feita com o material da amostra, sobre uma placa de mármore ou de vidro, de modo a formar um pequeno bastão de 3 mm de diâmetro e 12 cm a 15 cm de comprimento.

O Limite de Plasticidade é definido como o teor de umidade do material do bastonete, quando, com aquelas dimensões, começam a se fissurar, enquanto submetido à rolagem.

Os limites mais utilizados são os Limites de Liquidez e Plastici-

Sequência para determinação do Limite de Plasticidade

dade. A diferença entre eles dá o chamado Índice de Plasticidade (IP) que corresponde à extensão do intervalo de umidades no qual o solo apresenta um comportamento plástico. Segue a equação:

$$IP = LL - LP$$

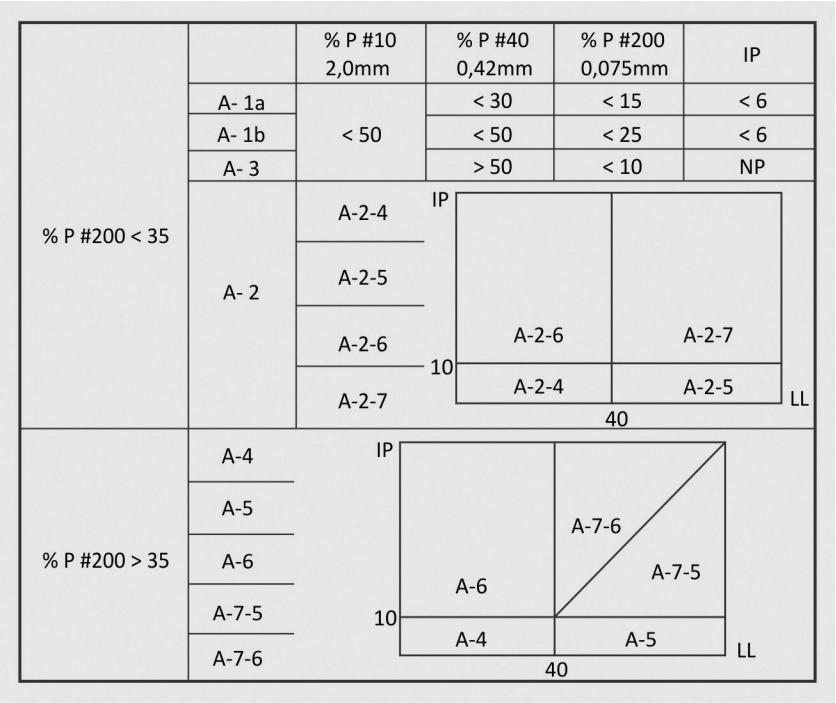
O Limite de Retração é o teor de umidade abaixo do qual cessa a redução de volume do solo ao perder umidade.

O conhecimento dos Limites de Atterberg dá condições para se estudar as possíveis melhorias na capacidade de suporte dos solos. Este aspecto será mais bem analisado no item pavimentação.

Dentre as classificações geotécnicas que se baseiam nos limites de Atterberg (LL e LP) e na granulometria, tem grande destaque no meio rodoviário a classificação HRB (*Highway Research Board*).

Além de se basear nas propriedades índice do solo: limites de Atterberg (LL e LP) e granulometria, a classificação HRB utiliza o índice de grupo (IG) que pode assumir qualquer valor positivo inteiro, inclusive o zero.

Como o IG atribui um valor ao solo, o qual varia inversamente à capacidade de suporte do subleito, sob boas condições de drenagem e compactação, se um solo possuir IG igual a zero,



Classificação (HRB)

será considerado bom material e, quanto mais elevado for seu valor, pior material o constituirá.

Os solos são divididos em grupos e classificados por tipo, de A1 a A7, sendo que o comportamento como camada para composição da estrutura do pavimento dos solos A-1-a, A-1-b, A-2-4, A-2-5, A3 (solos graúdos) é considerado de excelente a bom, e os restantes (A-4, A-5, A-6, A-7-5 e A-7-6) de regular a mau.

Além da classificação tradicional apresentada, o DER/SP também adota a classificação de solos tropicais (MCT), segundo o método DER M-196/89, descrito no capítulo de Pavimentação.

Quando a porcentagem de vazios é alta, o solo fica muito instável na presença de umidade.

Contrariamente, sendo baixa esta porcentagem, ele será muito mais estável. Por conseguinte, tornar um solo mais estável significa reduzir sua porcentagem de vazios, isto é, torná-lo mais denso.

O método mais econômico e fácil para obter este estado (estabilidade) denomina-se compactação.

A compactação de um solo depende diretamente da umidade e da energia de compactação aplicada, para cada solo haverá uma determinada umidade com a qual se obterá a máxima densidade. Esta

Equipamentos para Mini-CBR

Moldagem

Moldagem

Compactação

Extração

Extensômetro

Extração da amostra do cilindro

Penetração do ensaio de Mini-CBR

Corpo-de-prova após o ensaio

Sequência e equipamentos utilizados no ensaio MCV

1 Peneiramento

2 Moldagem

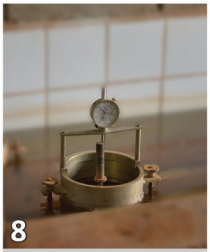
3 Compactação

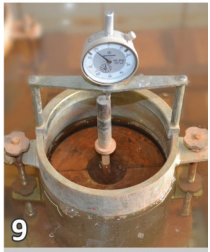
4 Soquete para compactação

5 Pesagem

6 Disco anelar de carga

7 Extensômetro


8 Imersão do corpo-de-prova


9 Determinação da expansão

Sequência e equipamentos utilizados no ensaio de compactação (Proctor)

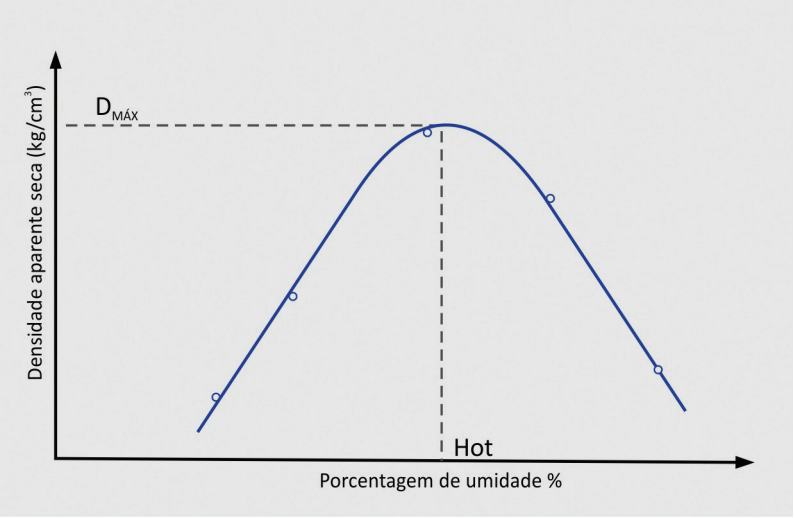
umidade é denominada umidade ótima. No laboratório, o ensaio usual para determiná-la é o ensaio de Proctor.

O ensaio de Proctor é feito preparando-se algumas amostras de solo com diferentes umidades, e compactado-as nas mesmas condições e com a mesma energia, dentro de um cilindro padronizado.

O ensaio de compactação pode ser realizado por meio do procedimento convencional (Proctor) ou por meio de equipamentos de dimensões reduzidas (MCV).

A densidade (ou então a massa específica aparente) do solo seco isto é, descontada a umidade em cada uma das amostras, após a compactação, é determinada e plotada num gráfico, em ordenadas, e as correspondentes umidades em abcissas.

Ligando-se os pontos do gráfico obtém-se a chamada curva "densidade - umidade", que permite inferir qual a umidade que possibilitaria obter, para aquela energia de compactação, a máxima densidade.



Curva de Compactação

Os valores correspondentes são chamados respectivamente de "umidade ótima" (Hot) e, “densidade máxima" (Dmáx).

A densidade de qualquer amostra de solo pode ser indicada pela porcentagem que represente a densidade máxima. Essa porcentagem é chamada de "grau de compactação".

É comum nas normas de serviço especificar-se, por exemplo, que o solo, nos aterros, deverá apresentar um grau de compactação

correspondente, no mínimo, a 95% da densidade máxima, obtida segundo um determinado ensaio.

A densidade máxima varia com os vários tipos de solo. Os maiores valores para a densidade máxima são obtidos com solos arenosos e decrescendo para os silto-argilosos.

As características de um solo, mesmo estabilizado, serão influenciadas pela variação da umidade; variando esta, haverá também variação da estabilidade e do volume.

Entretanto, um solo na sua densidade máxima oferece maior estabilidade e maior resistência à variação de umidade, seja quanto ao aumento por absorção ou pela perda por evaporação.

É interessante notar que quando se carrega um solo saturado, parte da pressão é suportada pela própria água (pressão neutra).

O projeto de terraplenagem é precedido pelos estudos geotécnicos, que permitem um conhecimento aproximado dos materiais encontrados. Nesses estudos procedem-se as sondagens, feitas com pá e picareta (ou com trado cavadeira), nos locais a serem cortados, até uma profundidade cerca de 1,50 m abaixo do futuro greide, para "classificar" os materiais a serem escavados e colher amostras dos solos, além de verificar a existência de lençol freático (nível d'água).

As sondagens são feitas usualmente nos pontos mais altos dos futuros cortes e nos pontos de passagem de corte para aterro. Quando o material não é homogêneo, intercalam-se outras sondagens para identificar as "divisas" entre diferentes materiais.

Devem também ser sondadas as áreas de fundações de aterros sempre que se suspeite da presença de solos moles.

As amostras são levadas ao laboratório onde é feita a caracterização dos solos correspondentes, isto é, determinadas a sua granulometria e seus limites físicos (LL e LP).

Procedem-se também aos ensaios de compactação (Proctor)

e CBR (suporte), além da determinação das densidades naturais, "in situ" dos materiais a serem escavados. Esses valores permitem estimar o volume de corte que será necessário para a construção de um metro cúbico de aterro. A relação entre esses dois volumes é importante para os cálculos de compensação entre cortes e aterros.

É usual chamar-se a essa relação de "fator de conversão de volumes". Sua grandeza é, em geral, da ordem de 1,3 a 1,4.

Uma determinada massa de solo natural, após ser escavado, apresentará um aumento de volume, ou empolamento. Esta mesma massa de solo apresentará, depois de compactada, um volume no aterro, inferior ao volume natural, caracterizando o fator de redução volumétrica.

Deve ficar claro que o que foi apresentado nas páginas anteriores visa apenas dar uma ideia sobre ensaios de solos.

Sua efetiva realização, de acordo com os procedimentos corretos, exigirá a consulta à publicação "Métodos de Ensaios" do DER/SP, ou outra fonte equivalente.

PROJETO

O **projeto de terraplenagem** visará definir o greide da rodovia e, principalmente, a determinação dos volumes de escavação e de aterro, com a indicação de seus respectivos locais, inclusive os referentes a empréstimos e bota-foras.

O cálculo dos volumes dos cortes e dos aterros é geralmente feito pelo método de "média das áreas".

Para se estudar a distribuição desses volumes ao longo da estrada projetada, é frequentemente empregado um processo gráfico chamado diagrama "de massas" ou "de Brückner", em que se obtém as menores distâncias médias de transporte.

Deverá ser organizado um quadro de orientação mostrando a

distribuição dos materiais. Esse quadro possibilita visualizar o "balanço" entre os volumes de cortes e aterros.

Os volumes de corte, nesse quadro, deverão ser estimados por categoria, com base nas sondagens prévias, para efeito de distribuição e de orçamento.

No Volume III, Anexo 6, são dados maiores detalhes sobre o cálculo dos volumes, o diagrama de massas e o quadro de orientação da terraplenagem, acima mencionados.

No projeto deverão também ser indicadas as eventuais providências necessárias às fundações de aterros tais como remoção de solo mole, material rochoso, ou a outros problemas específicos.

As inclinações e conformações dos taludes deverão propiciar a estabilidade do corpo estradal e sua harmonização com o terreno natural, inclusive no caso de bota-foras e de caixas de empréstimo.

O volume dos aterros que exceder o dos cortes (empréstimo), deverá, preferencialmente, ser obtido com o alargamento dos cortes, de modo uniforme ao longo de um trecho da estrada.

Em alguns casos poderá ser mais conveniente concentrar os empréstimos em pontos adequados (áreas de empréstimo).

Recomendações Quanto ao Projeto de Terraplenagem

Ao se projetar a terraplenagem, deve-se orientar a distribuição dos materiais de forma mais conveniente à construção e à conservação da estrada. Assim, deve-se procurar destinar os melhores materiais dos cortes, que são em geral os lateríticos segundo a classificação MCT, encontrados junto à superfície do terreno, abaixo da camada vegetal, para constituir as camadas finais dos aterros.

Blocos de rocha extraídos dos cortes podem ser utilizados nas camadas inferiores dos aterros, de preferência no seu lado de jusante, para facilitar a drenagem da interface do aterro com o terreno natu-

ral. Entretanto essa utilização requer técnicas um tanto mais elaboradas, que exigirão a orientação de especialistas no assunto.

Os materiais provenientes da remoção da camada vegetal, quando possível, devem ser destinados a recobrir as saias dos aterros e/ou recomposição das áreas de empréstimo, facilitando o desenvolvimento da vegetação e contribuindo assim para sua proteção contra a erosão.

Conforme já se comentou no item relativo ao projeto geométrico, é melhor, do ponto de vista da conservação, a adoção de "greides elevados" em relação ao terreno natural. Disso decorrerá, em geral, a necessidade de empréstimos, que deverão ser escolhidos criteriosamente, dentre os melhores solos disponíveis nas proximidades da obra.

A escolha dos locais de empréstimos deverá melhorar, quando possível, as condições da estrada quanto à drenagem e às distâncias de visibilidade.

Por exemplo, se for cabível um empréstimo por alargamento de um corte num trecho curvo, é preferível fazê-lo no lado interno da curva, pois assim consegue-se maior distância de visibilidade.

Recomenda-se que a compactação dos aterros seja feita no mínimo nas camadas constituintes dos seus dois metros superiores.

Recomenda-se também que os bota-foras constituam bermas de equilíbrio nos aterros, deixando, entretanto, livre a passagem das águas escoadas pelos bueiros.

CONSTRUÇÃO

A seguir, serão apresentadas de forma resumida, algumas observações sobre as atividades de construção de obras de terraplenagem.

Essas observações em geral resumem alguns tópicos do "Manual de Normas" do DER/SP, mas para um conhecimento detalhado do assunto será necessária a sua consulta.

Limpeza do Terreno, Destocamento e Remoção da Camada Vegetal

Estes serviços têm por objetivo a remoção dos materiais inservíveis para a execução dos aterros, do corpo estradal e das áreas de empréstimo (árvores, arbustos, tocos, raízes, entulhos, matacões etc.).

Serão executados por equipamentos adequados, eventualmente com o auxílio de explosivos, serviços manuais e serão realizados na largura de até 2,0 m, além da dos "off-sets".

Nos cortes, a camada de 50 cm abaixo do greide projetado deverá estar livre de tocos e raízes.

Na base dos aterros, especialmente naqueles com altura menor que 2,0 m deverá ser removida a camada contendo raízes e restos vegetais. Quaisquer outros materiais considerados inservíveis para a fundação do aterro também deverão ser removidos.

O material resultante dessas operações deverá ser depositado em áreas previamente definidas e licenciadas ambientalmente.

Raspagem, Preparo, Melhoria e Regularização do Subleito

Consiste no conjunto de operações que visam conformar a camada final de terraplenagem, mediante cortes e aterros de até 20 cm de espessura, conferindo-lhe condições adequadas de geometria e compactação, para o recebimento da estrutura do pavimento.

A raspagem será precedida da limpeza, do destocamento e da remoção da camada vegetal.

As normas relativas a escavação, aterro e compactação, no que couberem, serão também aplicadas à raspagem.

Escavação de Cortes e Empréstimos

Cortes são aquelas escavações que devem ser executadas dentro dos limites das seções transversais projetadas.

Quando seus volumes forem insuficientes para a execução dos aterros, recorre-se a caixas de empréstimo para sua complementação.

Em geral, o material escavado é classificado em várias categorias. Assim, por exemplo, no DER/SP em função da dificuldade de extração do material, ele é classificado segundo as categorias: primeira, segunda, terceira e material brejoso.

Material de 1ª categoria: compreendem os solos em geral, cuja escavação envolve o emprego de equipamentos convencionais de terraplenagem.

Material de 2ª categoria: compreendem as pedras soltas, rochas fraturadas em blocos maciços de volume inferior a 0,50 m³, rochas em decomposição não incluídas em 1ª categoria, cuja extração exija o emprego de escarificador pesado (riper).

Material de 3ª categoria: compreendem a rocha sã, os matacões maciços e os blocos e rochas fraturadas de volume igual ou superior a 2,0 m³, que só possam ser extraídos após redução com o emprego de explosivos ou outros materiais, equipamentos e dispositivos para a sua desagregação (marteletes).

Material brejoso: compreende os solos a serem removidos que não apresentam, em seu estado natural, capacidade de suporte para apoio direto dos equipamentos de escavação. São solos cuja escavação somente é possível com escavadeiras apoiadas fora da área de remoção, aterros ou estivas colocadas para propiciar suporte adequado ao equipamento.

A escavação será precedida da limpeza e destocamento. Sua execução deverá obedecer as Notas de Serviço.

Bota-Foras: Critério de Seleção

Quando o volume dos cortes exceder o dos aterros, dentro de determinados trechos, haverá a necessidade de bota-foras.

Os bota-foras, sempre que possível, deverão ser previstos no projeto e devidamente licenciados ambientalmente.

De preferência, deverão ser utilizados nas saias dos aterros, diminuindo sua inclinação, ou na execução de bermas de equilíbrio. Ambas as soluções melhoram as condições de estabilidade dos aterros.

Transporte do Material Escavado

Consiste no seu deslocamento desde os locais de corte até sua deposição e espalhamento para a execução do aterro e/ou do bota-fora.

Na maioria das vezes, são empregados caminhões basculantes, principalmente quando os transportes são muito longos. São também usados basculantes quando os materiais requerem explosivos ou draga de arrasto para sua extração.

Aterros

Aterros são locais previamente definidos (greide da rodovia), dentro dos limites das seções projetadas de materiais procedentes dos cortes ou das caixas de empréstimo.

Sua execução deverá ser precedida de limpeza e destocamento. Os materiais que o constituirão deverão ser selecionados, na fase de projeto, e serem compactados durante a construção do aterro.

De modo geral, os materiais arenosos e argilosos são bons; materiais moles não devem ser empregados.

O lançamento do material deve ser feito em camadas de espessura em torno de 20 cm, em toda a área, para possibilitar a compactação.

A regularização deve ser feita com motoniveladora a fim de faci-

litar o adensamento pelas máquinas transportadoras.

Na construção de um aterro, é sempre vantajoso que as primeiras camadas, até atingirem uma altura aproximada de 50 cm, sejam constituídas por um material granular permeável, que servirá de dreno às águas de infiltração.

Compactação de Aterros

A compactação é o processo usado para reduzir o volume de vazios de um solo.

Sua execução deverá obedecer preferencialmente às especificações de serviço do DER/SP.

Os equipamentos empregados na sua execução são: irrigadeiras, unidades de compactação autopropelidas ou tracionadas (rolo compactador e trator) de qualquer tipo: estático ou vibratório, liso ou corrugado.

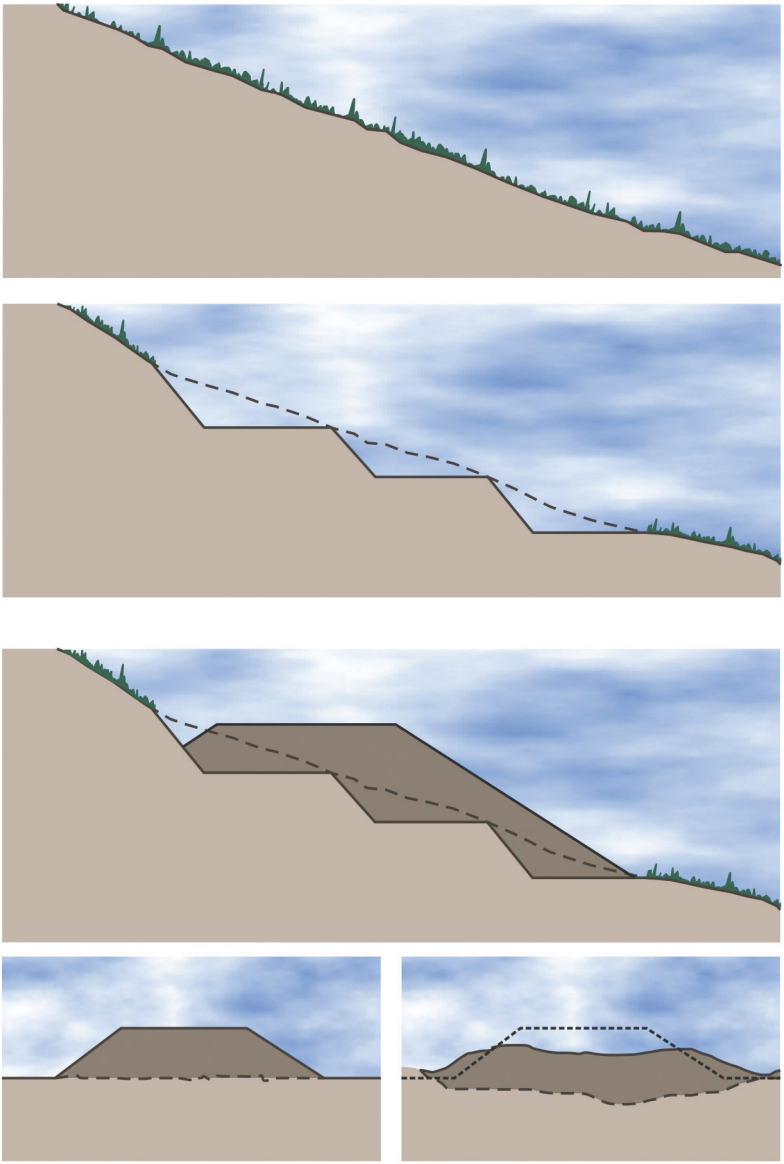
De modo geral, os vibratórios lisos são utilizados em solos arenosos; os de pés de carneiro em solos argilosos, e os pneumáticos em quase todos os tipos de solo.

Os equipamentos de compactação deverão ser dimensionados de acordo com os de escavação e de transporte, de forma a poder compactar adequadamente e em tempo hábil os materiais que se destinam ao aterro, sem ocasionar a necessidade de esperas antieconômicas.

Fundação de Aterros

Os aterros a serem construídos em encostas com mais de 40% de inclinação transversal deverão ser feitos em patamares, "degraus", ao longo de toda a área a ser aterrada. Este escalonamento do terreno, de acordo com as curvas de nível, propicia boa solidarização do aterro com o terreno natural.

Os problemas de fundação dos aterros em terreno pantanoso e/



Terraplenagem - Aterros em encostas / fundação de aterros

ou sobre solos moles se manifestam através de grandes recalques ou mesmo pela ruptura do aterro e do terreno.

As sondagens e ensaios que são normalmente realizados permitem conhecer as características destes terrenos.

As soluções usualmente preconizadas para estes tipos de terreno são a consolidação por adensamento, a remoção da camada mole, a execução de drenos de areia ou de bermas de equilíbrio. A escolha da solução dependerá das condições específicas de cada caso e, obviamente, dos custos correspondentes a cada uma das alternativas.

Consolidação por Adensamento da Camada Mole

Consiste na construção lenta do aterro, procurando-se manter as pressões neutras, na camada compressível, compatíveis com os acréscimos de carga.

O objetivo é aumentar gradualmente sua resistência ao cisalhamento e, em consequência, sua capacidade de carga.

O processo requer um controle rigoroso, feito por medições de recalques ou por observação da variação das pressões neutras, exigindo para tanto a participação de profissional especializado.

Remoção da Camada Mole

Quando a espessura da camada de solo mole for pequena (até cerca de 2,0 m) a remoção poderá ser feita com o emprego de escavadeira com caçamba de arrasto ("drag-line") ou de mandíbulas ("clam-shell").

Para maiores espessuras, procura-se provocar o deslocamento do material mole com o auxílio de explosivos ou, apenas, pelo peso do próprio aterro, auxiliado pela abertura prévia de uma vala, ao longo do trecho, externa aos "off-sets".

Drenos de Areia

São furos com diâmetro da ordem de 20 ou 30 cm, preenchidos com areia de granulometria padronizada.

Essa técnica visa facilitar o escoamento da água do terreno de fundação. Tem a finalidade de acelerar o processo de consolidação por adensamento da camada mole, porque facilita sua drenagem, dissipando as pressões neutras, e resultando no aumento da resistência ao cisalhamento do solo e, consequentemente, da sua estabilidade.

Bermas de Equilíbrio

São banquetas laterais de equilíbrio com a finalidade de criar momentos resistentes aos de ruptura, criados pela carga do aterro, e aumentar a resistência ao cisalhamento do solo de fundação.

Para dimensionar as bermas, utiliza-se o conceito de altura crítica.

Altura crítica (hcr) é a altura máxima que poderá atingir um aterro sem o perigo da ruptura do terreno de fundação.

No Volume III, Anexo 6, encontra-se a indicação para o cálculo da altura crítica em função das características do solo de fundação.

Taludes de Aterros

Os taludes de aterros podem, em certas circunstâncias causar acidentes por instabilidade. Nestes casos, a verificação da estabilidade deve ser feita por engenheiro experiente.

A experiência indica que, no Estado de São Paulo, para aterros de até seis metros de altura, compactados cuidadosamente, é perfeitamente satisfatória a inclinação máxima de 3,00 m na horizontal por 2,00 m na vertical. Este critério abrange praticamente todos os aterros das vicinais.

CONTROLES DE EXECUÇÃO

Os controles usualmente adotados na execução da terraplenagem são de dois tipos: geométricos e geotécnicos. São estabelecidos nas especificações de serviços do DER/SP, disponíveis em seu website.

Os controles geométricos se referem principalmente à verificação de cotas e de larguras. Os controles geotécnicos se resumem na determinação do grau de compactação, sendo que, em geral é especificada a obtenção de uma densidade igual ou superior a 95% da obtida em laboratório, no ensaio de Proctor simples, método DER-M-13. A determinação da densidade efetivamente obtida é feita pelo método DER-M-23.

PAVIMENTAÇÃO

NOÇÕES PRELIMINARES

O pavimento é uma estrutura constituída por camadas com as seguintes finalidades:

- resistir e transferir ao subleito os esforços oriundos do tráfego, sem sofrer alterações significativas ao longo do período para o qual foi projetado;
- oferecer melhores condições de segurança e conforto aos usuários;
- possibilitar menores custos operacionais dos veículos.

As camadas usuais nos pavimentos das vicinais são: o revestimento e/ou camada de rolamento (ou capa), a base, e eventualmente a sub-base e camada de reforço do subleito, de acordo com o dimensionamento do pavimento.

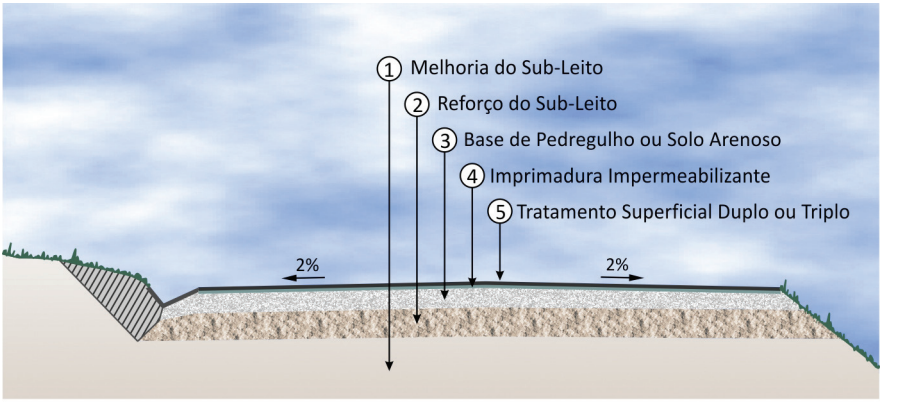
Neste manual vamos tratar apenas dos pavimentos usuais nas vicinais do Estado de São Paulo. São aqueles pavimentos constituídos por reforços e bases de solo estabilizado ou de brita graduada, com camada de rolamento constituída por tratamento superficial ou de material usinado (CBUQ).

MATERIAIS

Na construção dos pavimentos das vicinais são empregados solos, agregados e materiais asfálticos.

Solos

Convém acrescentar às considerações já feitas sobre os solos no item terraplenagem, alguns comentários sobre a capacidade de suporte dos solos.



Seção típica de pavimento

A capacidade de suporte dos solos (e das diversas camadas do pavimento) é um dos principais fatores a se considerar no projeto do pavimento.

Uma ideia aproximada da capacidade dos solos de resistir a cargas, sem sofrer deformações permanentes é dada pelo Índice Suporte Califórnia, conhecido por ISC ou CBR, da designação originária da expressão em inglês, "*California Bearing Ratio*".

Esse Índice é obtido pelo ensaio descrito no método DER M 53-71.

Trata-se de um ensaio mecânico que mede a resistência do solo, submetendo-se um corpo de prova à penetração de um pistão de aço, em condições padronizadas.

O corpo de prova é preparado compactando-se a amostra de solo em um molde metálico, cilíndrico, com posterior imersão em água e medição de sua expansão.

Os solos devem atender também aos requisitos de granulometria e plasticidade conforme as Normas do DER/SP e para estruturas constituídas por solos lateríticos os parâmetros e conceitos da Metodologia MCT.

Os solos lateríticos merecem uma consideração especial porque,

embora apresentando granulometria, limite de liquidez e índice de plasticidade diferentes dos especificados tradicionalmente para os materiais de base, têm apresentado excelente comportamento em pavimentos já com vários anos de uso.

Os solos lateríticos são abundantes no Estado de São Paulo, destacando-se entre eles os chamados solos arenosos finos lateríticos (SAFL).

O DER/SP tem construído bases e sub-bases com o emprego desses solos, o que constitui um avanço tecnológico considerável. No volume III, Anexo 7, encontram-se algumas recomendações quanto à execução desses serviços.

Apresenta-se a seguir um resumo da metodologia MCT, que estabelece critérios e procedimentos para classificação, identificação e utilização dos solos lateríticos especialmente na camada de base.

A classificação MCT tem como objetivo verificar se um solo tem comportamento laterítico ou não laterítico (saprolítico), e assim dar subsídios à avaliação das propriedades mecânicas e hídricas dos solos típicos de regiões com clima tropical úmido.

A nomenclatura para a identificação dos solos é dividida em dois grandes grupos: solos de comportamento laterítico e solos de comportamento não laterítico.

Classe de Comportamento Laterítico: designada pelo prefixo "L", subdividida nos seguintes grupos:

- **LA** – Areia Laterítica;
- **LA'** – Solo Arenoso Laterítico;
- **LG'** – Solo Argiloso Laterítico.

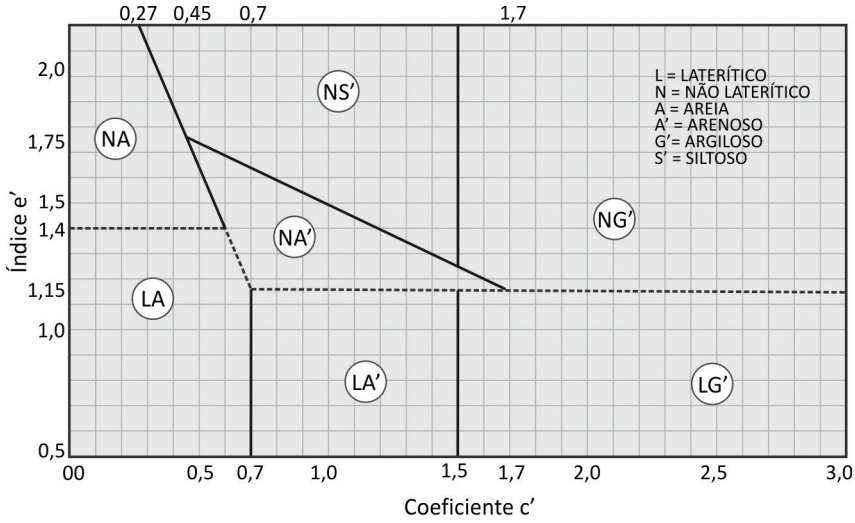
Classe de Comportamento Não Laterítico: designada pelo prefixo "N", subdividida nos seguintes grupos:

- **NA** – Areia Não Laterítica;
- **NA'** – Solo Arenoso Não Laterítico;

- **NS'** – Solo Siltoso Não Laterítico;
- **NG'** – Solo Argiloso Não Laterítico.

Para a classificação MCT são realizados os seguintes ensaios:

- compactação Mini-MCV;
- perda de massa por imersão.



Ábaco da classificação MCT

O ábaco da classificação de solos MCT é traçado com os valores de c' e e'.

O coeficiente c' correlaciona-se aproximadamente com a granulometria e é fornecido pelo ensaio de compactação Mini-MCV.

Um valor elevado c', acima de 1,5, caracteriza as argilas e solos argilosos.

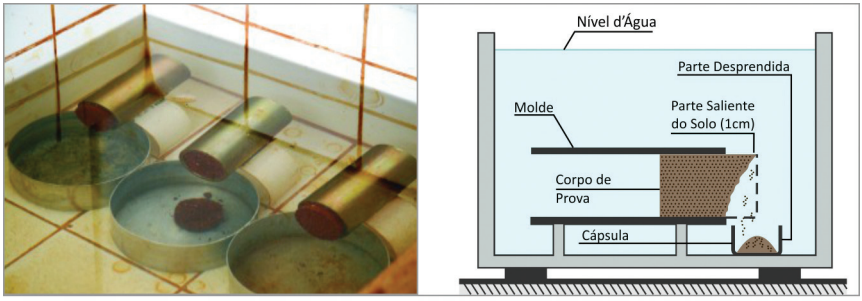
Os valores baixos, menor que 1,0, caracterizam as areias e os siltes não plásticos ou pouco coesivos. E entre os valores 1,0 e 1,5, encontram-se solos de vários tipos granulométricos, compreendendo areias siltosas, areias argilosas, argilas arenosas, argilas siltosas etc.

Para a determinação do Índice de laterização (e'), através da expressão abaixo, são necessários os valores de Pi e d. O coeficiente d é obtido pelo ensaio de compactação Mini-MCV e o Pi é obtido através do ensaio de perda de massa por imersão.

$$e' = \sqrt[3]{\left(\frac{Pi}{100}\right) + \left(\frac{20}{d}\right)}$$

O índice e' indica o comportamento laterítico ou não laterítico do solo. O comportamento laterítico começa a se manifestar quando d > 20 e Pi < 100, estabelecendo a linha horizontal principal no gráfico (e' = 1,15) que separa os solos L dos solos N.

Para os solos pobres em finos, a transição ocorre para valores mais altos de Pi, o que levou ao estabelecimento da linha horizontal secundária em posição um pouco acima (e' = 1,40).



MCT - Perda de massa por imersão

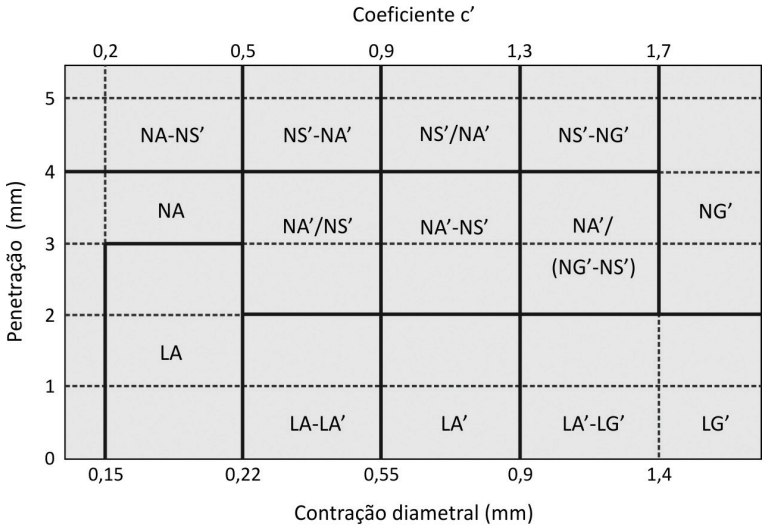
Os valores das propriedades dos grupos da Classificação MCT, com seus equivalentes numéricos na Hot da energia normal do Mini-Proctor.

Outras maneiras de classificar os solos de comportamento laterítico é por meio do método da pastilha, que utiliza equipamento simples, e a determinação de forma expedita dos parâmetros: contração do material e penetração da agulha na amostra a ser ensaiada.

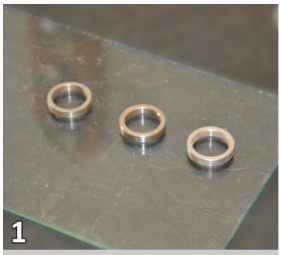
Propriedades Típicas dos Solos dos Grupos da Classificação MCT										
Classes				N - Solos de Comportamento "Não Laterítico"				L - Solos de Comportamento "Laterítico"		
Grupos				NA Areias	NA' Arenosos	NS' Siltosos	NG' Argilosos	LA Areias	LA' Arenosos	LG' Argilosos
Granulometrias (Minerais)		Típicas (1)		- areias -areias siltosas - siltes	-areias siltosas -areias argilosas	- siltes (k, m) - siltes arenosos e argilosos	- argilas - argilas arenosas - argilas siltosas	- areias com pouca argila	-areias argilosas -argilas arenosas	-argilas -argilas arenosas
Cap. Suporte (2)	Mini-CBR sem imersão (%)	Muito alto	> 30	Alto a Médio	Alto	Médio a Alto	Alto	Alto	Alto a Muito Alto	Alto
		Alto	12 - 30							
		Médio	4 - 12							
		Baixo	< 4							
	Perda de Suporte por imersão (%)	Alta	> 70	Média a Baixa	Baixa	Alta	Alta	Baixa	Baixa	Baixa
		Média	40 - 70							
		Baixa	< 40							
Expansão (%) (2)		Alta	> 3	Baixa	Baixa	Alta	Alta a Média	Baixa	Baixa	Baixa
		Média	0,5 - 3							
Contração (%) (2)		Baixa	< 0,5	Baixa a Média	Baixa a Média	Média	Alta a Média	Baixa	Baixa a Média	Média a Alta
Permeabilidade log (K (cm/s))		Alta	> (-3)	Média a Alta	Baixa	Média a Baixa	Baixa a Média	Média a Baixa	Baixa	Baixa
		Média	(-3) a (-5)							
		Baixa	< (-6)							
Plasticidade		Ip (5)	LI (%)	Baixa a Média	Média a MP	Média a MP	Alta	MP a Baixa	Baixa a Média	Média a Alta
	Alta	> 30	> 70							
	Média	7 - 30	30 - 70							
	Baixa	< 7	< 30							

(1) q=quartzo, m=micas, k=caulinita
(2) Corpos de prova compactados na umidade ótima (h_{ot}), energia normal, com sobrecarga padrão quando pertinente.

A classificação MCT é obtida por meio da plotagem desses parâmentros no gráfico da classificação apresentado a seguir.



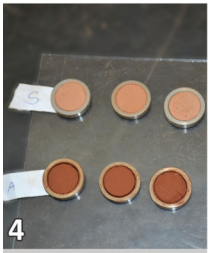
MCT - Método da pastilha



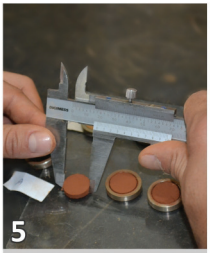
Anéis de aço inoxidável

Homogeneização

Modelagem da pastilha



Amostra após o processo de secagem



Medida da contração com auxílio do paquímetro

Reabsorção d'água

Medida da penetração com auxílio do penetrômetro

MCT - Método da pastilha

Agregados

Nesta seção, são tratados: a pedra britada, o pedregulho, o pedregulho britado, a areia e o pó de pedra.

São caracterizados principalmente por sua granulometria e resistência à abrasão.

O aspecto referente a granulometria já foi abordado anteriormente, quando se tratou de solos, na terraplenagem.

O ensaio de resistência à abrasão comumente empregado é de chamado "Abrasão Los Angeles".

Para sua realização, de acordo com o método M-24-61 do DER/SP, coloca-se uma amostra, com granulometria padronizada, dentro de um tambor rotativo que, ao girar, provoca desgaste do material.

Após um tempo determinado, o material é retirado do tambor e passado numa peneira definida pelo método de ensaio.

A porcentagem, representada pelo peso do material que passa nessa peneira, em relação ao peso total da amostra, é a "Abrasão Los Angeles".

Materiais Asfálticos

Os materiais asfálticos são utilizados em pavimentação como ligantes. O mais usual é o asfalto de petróleo. São caracterizados por sua consistência (penetração e viscosidade).

O asfalto na temperatura ambiente tem alta viscosidade. Para ser aplicado, tanto nas misturas em usina como nos tratamentos superficiais, necessita ter diminuída sua viscosidade. Isto pode ser conseguido por aquecimento, diluição ou emulsificação.

Os asfaltos sólidos e semissólidos são usualmente designados por cimentos asfálticos (CAP) e são, atualmente, classificados, de acordo com a Resolução ANP nº19, segundo a penetração (CAP 30-

45, CAP 50-70, CAP 85-100 e CAP 150-200, do mais consistente ao menos consistente).

Os asfaltos diluídos são classificados segundo o tempo de sua cura, isto é, o tempo necessário à evaporação do solvente. Os solventes usualmente empregados são: a gasolina ou nafta, que dá origem aos asfaltos diluídos de cura rápida (CR) e o querosene, que corresponde aos de cura média (CM).

As emulsões asfálticas podem ser aniônicas ou catiônicas. São aniônicas quando as partículas de asfalto estão carregadas negativamente; catiônicas, no caso oposto. Estas últimas são classificadas em três tipos, conforme o tempo de sua ruptura, isto é, o tempo necessário à separação da água do asfalto: rápida (tipos RR-1C e RR-2C), média (RM-1C e RM-2C) ou lenta (RL-1C). Além dos tipos já indicados, são fabricadas emulsões especiais para lama asfáltica (LA) e emulsões que utilizam asfalto modificado por polímero como base.

Um ensaio que está correlacionado tanto aos materiais asfálticos quanto aos agregados é o de adesividade. Deverá ser efetuado sempre que pairar qualquer dúvida quanto à aderência do material asfáltico ao agregado. Geralmente estes ensaios são efetuados pelas empresas fornecedoras do material ligante (CAP).

Quanto aos materiais asfálticos, cabe observar que os ensaios também podem ser feitos pelas próprias firmas fornecedoras.

Cabe lembrar a necessidade de consultar a publicação "Métodos de Ensaios" do DER/SP para maiores informações sobre os ensaios aqui abordados.

No Volume III, Anexo 7, encontra-se um glossário que indica, para os diversos serviços de pavimentação, os materiais asfálticos normalmente utilizados.

PROJETO

O **projeto de pavimento** deve indicar a natureza e as dimensões de cada uma das camadas que o constituem, e especificar os materiais e procedimentos a serem utilizados para sua construção.

Os principais fatores que devem ser considerados nos projetos de pavimentos podem ser resumidos como segue:

- as solicitações do tráfego;
- as características dos solos e demais materiais disponíveis;
- os custos das diversas soluções alternativas possíveis.

Os métodos de dimensionamento normalmente adotados no Brasil são baseados no valor de CBR. Estes aspectos não serão aprofundados neste Volume. Entretanto, os que se interessarem pelo assunto encontrarão no Volume III o resumo do Método adotado pelo DER/SP. Recomenda-se que seja consultado um especialista, ou o próprio DER, para qualquer orientação sobre o assunto. A experiência acumulada pelas Divisões Regionais será, sem dúvida, de grande valia na solução de problemas desta natureza.

Recomendações para o Projeto de Pavimentação

As recomendações cabíveis para o projeto de pavimento referem-se principalmente ao aspecto econômico. A melhor maneira de se chegar à solução mais econômica é através da consideração das diversas alternativas possíveis, com os materiais disponíveis na região.

Em geral, a solução mais econômica para o revestimento asfáltico é a do tratamento superficial.

Em casos de estradas com volumes de tráfego elevados, com ocorrência cada vez mais frequente, justifica-se a adoção de usinados, embora seu custo seja maior. Os tratamentos superficiais

e os usinados são abordados mais adiante, neste capítulo.

Para a base, de acordo com a experiência do DER/SP, a melhor solução nas regiões em que se encontra o material adequado é o emprego de solos lateríticos "*in natura*" (SAFL e/ou misturas destes a agregados). Nas outras regiões, dependendo dos custos, são adotadas as bases de brita graduada ou de macadame hidráulico, ou as bases de solos estabilizados granulometricamente, com ou sem mistura de agregados.

Com relação à camada de sub-base, cumpre observar que a mesma não tem sido empregada nas vicinais em São Paulo, ao contrário do reforço do subleito, quase sempre presente.

O reforço, em geral, é feito com solos da própria região que apresentem índices de suporte melhores que os encontrados no leito estradal.

CONSTRUÇÃO

É recomendável a consulta às especificações técnicas (ET) do DER/SP para um melhor esclarecimento de cada etapa, da utilização e construção de camadas de pavimento, de acordo com o material escolhido.

Preparo ou Melhoria do Subleito - ET-DE-P00/001

Este serviço consiste nas operações que se realizam sobre a superfície da terraplenagem para a obtenção da configuração definida no projeto, e obtenção de determinado grau de compactação até a profundidade de 20 cm.

Geralmente, os materiais são os existentes nos cortes, aterros e raspagens. Em casos especiais, se for necessário complementar o volume do material da superfície, a importação se fará, de preferência, dos mesmos locais onde foram feitas as escavações na

fase de terraplenagem, ou de outros locais, com solos de melhor qualidade que aqueles utilizados naquela fase.

Os equipamentos usualmente empregados são:

- motoniveladora equipada com escarificador, com dispositivos para controle de profundidade;
- caminhões basculantes;
- pá carregadeira;
- caminhão-tanque irrigador, com capacidade mínima de 6.000 litros, equipado com motobomba capaz de distribuir água sob pressão regulável e de forma uniforme;
- trator agrícola com arados e grade de discos;
- pulvi-misturador autopropelido, ou rebocável com trator;
- compactadores de diversos tipos, autopropelidos (ou rebocáveis com os respectivos tratores);
- ferramentas manuais, gabaritos, réguas etc.

É uma condição para o preparo ou melhoria do subleito não se executam esses serviços em dias de chuva.

A seguir será executada a regularização.

Terminada a regularização, será executada a escarificação, numa profundidade de 20 cm.

Após esta fase terá início o umedecimento e a pulverização.

Nestas operações, a umidade do material deverá ficar dentro da variação de -2,0% a +1,0% em relação à umidade ótima definida para o grau de compactação desejado.

Prossegue-se com a compactação, a qual será executada progressivamente, das bordas para o centro da pista.

Cuidados devem ser tomados para evitar as correções de cotas com o acréscimo de material, já que essa prática dá origem a pontos fracos no pavimento.

As operações de acabamento, em consequência, devem ser sempre feitas através de cortes. O material em excesso deve ser retirado da pista.

Reforço do Subleito - ET-DE-P00/002

O reforço do subleito corresponde a uma camada colocada logo acima da superfície obtida pelo preparo ou melhoria do subleito.

É constituída por materiais de jazidas, com características superiores às do solo local, isentos de solo vegetal e impurezas, sendo imprescindível que:

- a granulometria, determinada conforme a NBR 7181, deve ser compatível com a especificada no projeto de dimensionamento do pavimento e o diâmetro máximo das partículas deve ser de 76 mm;
- a expansão determinada no ensaio de CBR, de acordo com a NBR 9895, ou ensaio de Mini-CBR, conforme DER/SP M 92, seja igual ou inferior a 1%;
- os materiais constituintes pertençam a um dos seguintes grupos: LA, LA', LG', NA' ou NG' da classificação da metodologia MCT, conforme DER/SP M 196, ou ao especificado em projeto.

Os equipamentos utilizados para a escavação dos materiais nas jazidas e seu transporte para a pista são os escavo-transportadores, ou, mais frequentemente, pás carregadeiras e caminhões.

Antes das operações construtivas deverão ser cravados piquetes afastados da pista para o controle de alinhamento e cotas.

Os equipamentos utilizados para a execução, na pista, são basicamente os mesmos empregados para o preparo ou melhoria do subleito.

Os materiais provenientes das jazidas, quando transportados

por caminhões, deverão ser descarregados em porções convenientemente distanciadas, para posterior espalhamento por motoniveladora. Essa distribuição deverá ser feita em camadas que após a compactação, se apresentem com espessura entre 15 e 20 cm, até ser atingida a espessura projetada.

Em seguida, será verificado o teor de umidade, que deverá ficar próximo do ótimo, admitindo-se variação entre -2,0% e +1,0%.

Havendo excesso de umidade, o material deverá ser "aerado", ou seja, revolvido por motoniveladora e pulvi-misturadores. Caso contrário, quantidade adequada de água deverá ser acrescida por irrigadeiras, e a homogeneização feita por pulvi-misturadores.

Obtido o teor de umidade desejado, deverá ser iniciada a compactação, das bordas para o centro. O equipamento de compactação deverá percorrer trajetórias paralelas ao eixo da pista, recobrindo em cada passada, metade da largura da faixa anteriormente compactada.

Sub-Bases e Bases

As sub-bases e bases são camadas do pavimento colocadas logo acima do reforço do subleito ou da melhoria do subleito.

Os materiais mais utilizados são o solo estabilizado, misturas de solo e agregado estabilizadas, brita graduada, macadame hidráulico e solo cimento.

Neste Manual vamos tratar apenas das bases de solo estabilizado, das de brita graduada e das de macadame hidráulico.

Sub-bases ou bases estabilizadas granulometricamente - ET-DE-P00/014

São constituídas por solos ou por rochas alteradas, misturas de

solos ou de solos e rochas, alteradas ou não, britadas ou não.

Estes materiais ou suas misturas devem obedecer às especificações técnicas do DER/SP.

Com poucas exceções, os equipamentos utilizados e os procedimentos construtivos, são iguais aos já vistos para o reforço do subleito. Cabem, entretanto algumas observações adicionais, descritas a seguir.

Quando se dispuser de usina dosadora-misturadora, nela serão executados os trabalhos de dosagem dos vários materiais, sua mistura, umedecimento e homogeneização.

Para seu espalhamento poderá ser empregado um distribuidor, que já descarrega o material numa camada uniforme, ou então motoniveladora.

Nesse caso, quando se tratar de um único material, ou de materiais já misturados na usina, o material, trazido por caminhões, será descarregado em porções uniformes, igualmente espaçados, de modo a facilitar a distribuição.

No caso de utilização de materiais diferentes e quando não for empregada uma usina, dever-se-á distribuí-los em camadas superpostas.

Após a distribuição, iniciam-se as operações de destorroamento, mistura e umedecimento, até se obter completa homogeneização da mistura.

Nas determinações de umidade, será utilizado o método DER/SP M 145-60.

Deve ser feita, em seguida, a compactação da camada solta, iniciando-se o trabalho pelas bordas e cobrindo parte do acostamento.

Em trechos retos, a compactação deverá ser conduzida das bordas para o centro, em percursos retilíneos equidistantes do eixo e sempre recobrindo metade da faixa do percurso anterior.

Nas curvas com superelevação, deve ser tomado o cuidado de que a compactação seja executada da borda mais baixa para a mais

alta. Junto à sub-base ou base já concluída anteriormente, a compactação será executada transversalmente ao eixo.

Nas partes de difícil acesso, onde são exigidos cuidados especiais, como, por exemplo, junto às pontes, serão usados compactadores portáteis pneumáticos ou acionados por motor diesel (usualmente conhecidos como "sapos").

Atingindo o grau de compactação especificado, será iniciada a operação de acabamento, quando serão empregados motoniveladora e compactadores de pneus, e/ou de rodas lisas. Não se admite, nesta fase, a execução de qualquer aterro. Admite-se, apenas, corte e umedecimento.

Durante a construção, devem-se tomar as providências para a proteção dos serviços contra a ação das águas pluviais, do trânsito e outros agentes prejudiciais. A proibição de trânsito deverá continuar após o término dos serviços de construção da sub-base ou base, enquanto não for executada a capa.

Um caso particular de sub-bases e bases estabilizadas granulometricamente é o de solos arenosos finos, cuja tecnologia foi desenvolvida pelo DER/SP e apresentada na especificação ET-DE-P00/015. Sobre essa técnica construtiva encontram-se alguns detalhes de interesse no Anexo 7, referente ao Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis, no Volume III.

Bases de brita graduada - ET-DE-P00/008

São constituídas por materiais resultantes da britagem de rochas ou pedregulhos.

Os seguintes equipamentos são utilizados na sua execução:

- usina dosadora-misturadora;
- distribuidor autopropelido de agregados;
- compactadores de pneus, vibratórios de rodas lisas e compactadores portáteis vibratórios;

- caminhões basculantes;
- régua de 3,00 m;
- pequenas ferramentas.

Antes dos trabalhos de construção, deverão ser cravados piquetes afastados das bordas da pista, em correspondência às estacas de locação, para facilitar o controle de alinhamentos e cotas.

O confinamento do material poderá ser feito com ou sem o auxílio de formas. Em ambos os casos deverá ser construído um aterro lateral com a finalidade de dar contenção ao material ou às formas.

A brita graduada, ao sair da usina, deverá ter a granulometria dentro das especificações e a umidade um pouco acima da ótima para a compactação, de maneira a compensar as perdas por evaporação.

A operação de transporte deverá ser interrompida quando o subleito se apresentar muito molhado e incapaz de suportar o deslocamento do equipamento sem se deformar.

A distribuição do material será feita por equipamento específico, admitindo-se o espalhamento manual apenas nas áreas onde for inconveniente a entrada do distribuidor.

A compactação será iniciada pelas bordas, devendo as primeiras passadas atingir concomitantemente os acostamentos. As demais passadas deverão cobrir a metade das anteriores.

A espessura da camada individual acabada deve situar-se entre 10 cm e 20 cm, sendo que espessuras superiores a 20 cm devem ser executadas em mais de uma camada, respeitando os limites mínimos e máximos.

Nas curvas com superelevação a progressão será da borda mais baixa para a mais alta.

Passadas sucessivas deverão ter extensões diferentes, a fim de fazer com que o retorno do equipamento compactador não se processe na mesma seção transversal.

Não deverá ser permitida a manobra dos compressores sobre sub-base ou base solta.

Junto aos trechos já construídos anteriormente, a compactação será feita transversalmente ao eixo.

Nos locais inacessíveis, ou onde a entrada do rolo compactador for inconveniente, a compactação será executada por compactadores vibratórios portáteis.

Quando toda a camada atingir o grau de compactação desejado, será feito o acabamento superficial, admitindo-se umedecimento e corte.

Durante o período da execução, deverão ser tomadas providências contra a ação das águas pluviais, do trânsito ou outros agentes prejudiciais.

As sub-bases ou bases de brita graduada, após seu término, não deverão receber trânsito enquanto não for executada a capa.

Base de macadame hidráulico - ET-DE-P00/012

O macadame hidráulico é usualmente constituído por uma camada de pedra britada graúda, tendo como material de enchimento o pó de pedra.

A estabilidade da camada é fornecida principalmente pelo entrosamento da pedra britada conseguido pela compressão. O pó de pedra funciona como ligante de agregação.

Os equipamentos utilizados comumente para sua execução são os seguintes:

- caminhões basculantes para o transporte dos agregados;
- distribuidores mecânicos de agregados ou motoniveladora pesada;
- irrigadeiras com dispositivos para distribuição de água sob pressão;

- rolos compressores de três rodas lisas metálicas, com peso entre 10,00 e 12,00 t, ou liso vibratório;
- compactadores vibratórios portáteis ou sapo mecânico;
- vassouras mecânicas e manuais;
- réguas de madeira ou metal de 1,20 m e 3,00 m;
- garfos, rastelos, pás etc.

Inicialmente, deverão ser cravados piquetes em ambos os lados, para o controle de alinhamento e cotas, em correspondência com as estacas da locação.

Quando o material do subleito tiver mais de 35% passando na peneira nº 200, isto é, quando houver a possibilidade de subpenetração do material do subleito na base, será aconselhável a construção de uma "camada de isolamento" ou de "bloqueio", que terá também a função de camada drenante, antes do espalhamento do agregado graúdo. A espessura máxima é de 4 cm, constituída por brita devidamente especificada.

Antes da primeira distribuição do agregado graúdo, deverão ser feitas "sangras" constituídas por valetas laterais de aproximadamente 20 x 30 cm de seção, abertas nos acostamentos a cada 10 m, a cada lado da pista, e preenchidas com brita.

Também antes desta distribuição deverá ser providenciado o confinamento do material.

Este confinamento poderá ser feito por formas com altura suficiente para sua contenção, escoradas externamente por camada de solo apiloado de largura mínima de 80 cm e altura igual à da forma. Estas formas deverão ser retiradas antes da compressão.

Quando não empregadas as formas, o confinamento será feito por uma camada de aterro lateral. Esta camada deverá ter a parede divisória com o acostamento cortada verticalmente.

Camadas de bases ou sub-bases com espessura superior a 20 cm devem ser executadas em mais de uma camada de espessuras iguais.

O agregado graúdo deve ser distribuído em camada uniforme de espessura constante.

Deve ser tomado cuidado para se evitar a segregação. Os fragmentos que pelo seu formato e tamanho não atenderem ao especificado devem ser retirados.

A seguir, o agregado graúdo será comprimido com os rolos de três rodas lisas. De início, os rolos devem cobrir o acostamento com meia largura de sua roda traseira. Nas tangentes, a compressão terá início nas bordas.

O compressor deverá seguir trajetória paralela ao eixo e recobrir em cada passada metade da faixa coberta pela passada anterior.

Nas curvas com superelevação a rolagem será iniciada na borda mais baixa.

As passadas sucessivas de um mesmo rolo compressor serão realizadas, alternadamente, em marcha à vante e à ré.

O rolo compressor não deve realizar manobras sobre a camada em construção. A compressão deverá prosseguir até que as pequenas ondas deixem de se formar adiante das rodas do rolo compressor. Quando isto ocorrer, significa que já foi obtido o entrosamento procurado. Caso comece a haver fraturamento da brita, também deve ser dada por terminada a rolagem.

Nos locais de difícil acesso aos rolos compressores e naqueles em que não for conveniente o seu emprego, deverão ser usados compactadores portáteis, manuais ou mecânicos.

As irregularidades maiores que 2 cm deverão ser corrigidas, mediante afrouxamento seguido pela remoção ou adição de agregado, e posterior compressão.

Após a compressão do agregado graúdo, terá início a distri-

buição do pó de pedra. De preferência, deverão ser empregados espalhadores mecânicos que receberão o material diretamente dos caminhões, evitando-se a descarga em montes sobre o agregado graúdo. Sua penetração nos vazios do agregado graúdo será obtida por varredura mecânica e manual.

Assim que os vazios estiverem aparentemente preenchidos, e sendo possível o contato direto das rodas do compressor com o agregado graúdo, será reiniciada a compactação. A seguir, será feita nova distribuição de pó de pedra e posterior irrigação para sua penetração e para enchimento dos vazios remanescentes no agregado graúdo.

A completa penetração será realizada com operações sucessivas de varredura e irrigação, até a saturação.

Quando for possível o contato direto das rodas do compressor com o agregado graúdo, será iniciada a compressão final.

O serviço estará concluído quando, sob a ação dos rolos compressores, não mais houver movimentação dos fragmentos do agregado graúdo.

Imprimaduras - ET-DE-P00/019 e 020

A imprimadura, ou imprimação, ou pintura, é a aplicação de uma película delgada de material asfáltico sobre a superfície de uma base acabada ou de um revestimento antigo.

Há imprimaduras de dois tipos: impermeabilizante e ligante.

A impermeabilizante visa aumentar a coesão da camada mais superficial da base, impermeabilizando-a. A ligante promove a aderência entre a base e a capa, ou entre a capa antiga e a nova.

A impermeabilizante deve ser executada com materiais de baixa viscosidade na temperatura de aplicação, de cura demorada, e que tenham facilidade de penetração na superfície tratada.

A ligante deve utilizar material de alta viscosidade na tempera-

tura de aplicação, de cura rápida, e que adira fortemente à superfície tratada e à camada de pavimento que lhe será sobreposta.

Os materiais usados nas impermeabilizantes são os asfaltos diluídos de cura média.

Nas ligantes são usadas:

- emulsões asfálticas modificadas por polímero do tipo SBS, quando indicadas em projeto;
- emulsões catiônicas RR-1C e RR-2C.

A emulsão usada na imprimadura deverá ser diluída na proporção de uma parte de emulsão para uma de água e ser preparada várias horas antes da aplicação.

As imprimaduras impermeabilizantes, constituídas por asfaltos recortados (cut-back) do tipo CM-30 ou emulsões especiais, deverão ser absorvidas pela base em 24 horas.

Assim, a quantidade a aplicar deverá ser ajustada por experiências e dependerá do tipo da base e do material asfáltico.

Para imprimaduras impermeabilizantes, a taxa de aplicação estará dentro dos limites de 0,9 a 1,3 l/m². Para as ligantes, a quantidade a aplicar é, em geral, da ordem de 0,4 l/m² a 0,7 l/m².

Os equipamentos a serem empregados constarão de tanques para armazenamento do material asfáltico, equipados com dispositivos para aquecimento; vassouras mecânicas e manuais; compressores de ar e distribuidores de material asfáltico com sistema de aquecimento, bomba, barra de distribuição, bicos para aspersão em leque, tacômetro, manômetro, mangueiras etc.

São necessárias também pequenas ferramentas, tais como regadores de vários tipos, bandejas etc. Os serviços serão sempre iniciados pela limpeza cuidadosa da pista. Deverá ser feita a seguir a marcação, que poderá contar com uso de cordas.

Aplicação de imprimação impermeabilizante

Imprimadura executada

Antes da distribuição do material asfáltico, deverão ser tomadas providências para evitar que sejam atingidas guias, sarjetas, guarda-rodas, passeios, guarda-corpos e pavimentos adjacentes.

Previamente à distribuição do material asfáltico deverá ser verificado o funcionamento dos bicos da barra distribuidora, substituindo-se aqueles que apresentem problemas, para que se obtenha uma distribuição homogênea, uniforme e sem falhas.

A distribuição só poderá ser iniciada quando atingida a temperatura adequada, de acordo com a norma para o tipo de material asfáltico.

Deverão ser empregadas folhas de papel "Kraft" nos pontos inicial e final da distribuição.

O distribuidor de asfalto deverá manter velocidade uniforme, em trajetória paralela ao eixo da estrada.

O tacômetro, manômetro e termômetros deverão estar funcionando corretamente e os operadores do veículo e da barra distribuidora devidamente treinados.

Para pequenas áreas, ou correções localizadas, serão usadas mangueiras para operação manual, conhecidas como canetas, e regadores "bico de pato".

Durante as operações de construção e cura do material asfáltico (esfriamento, evaporação do diluente ou ruptura da emulsão) e até a execução da camada seguinte do pavimento, os serviços deverão ser protegidos contra a ação destrutiva das águas pluviais, do tráfego e de outros agentes perturbadores.

Os trechos imprimados não deverão ser submetidos à ação do tráfego, salvo exceções, principalmente em locais de travessia.

Revestimentos / Camada de Rolamento

O revestimento deve, durante a vida útil do pavimento, resistir

ao desgaste e proteger as camadas inferiores, evitando, na medida do possível, a infiltração d'água.

O revestimento deve oferecer uma superfície bem acabada, que possibilite aos usuários da estrada condições de tráfego seguras e confortáveis.

Os revestimentos podem ser do tipo tratamentos superficiais ou misturas asfálticas.

Tratamento superficial asfáltico - ET-DE-P00/021

Os tratamentos superficiais são revestimentos aplicados sobre uma base, ou sobre outra capa desgastada ou defeituosa.

São executados de modo a propiciar o entrosamento de camadas alternadas e sobrepostas de ligante asfáltico e agregados.

Os tratamentos superficiais podem ser simples, duplos, ou triplos, segundo tenham uma, duas, ou três camadas de agregados intercaladas com ligante asfáltico.

Vale lembrar que são mais econômicos em relação às misturas usinadas. Entretanto, não são indicados para tráfego pesado.

O sucesso de um tratamento superficial depende, entre outros fatores da boa adesividade entre agregados e ligante.

A escolha do ligante deve ser feita em função de ensaios adequados.

As características dos materiais empregados no tratamento superficial são especificadas na ET-DE-P00/021 do DER/SP.

Os equipamentos usualmente empregados são:

- vassoura mecânica e compressores de ar;
- caminhões basculantes;
- distribuidores mecânicos de agregados;
- tanques para armazenamento de material asfáltico equipados com dispositivos para aquecimento;
- distribuidores de material asfáltico equipados com dispositivo

para aquecimento e bomba de pressão regulável; barra distribuidora de circulação plena com dispositivo para regulagem horizontal e vertical; bicos para aspersão em leque, tacômetro e termômetros;
- rolos compressores de rodas pneumáticas e rolos com rodas metálicas;
- irrigadeiras equipadas com moto-bomba;
- réguas e ferramentas manuais, tais como: vassouras, rastelos, garfos e pás.

Inicialmente, deverá ser feita rigorosa limpeza e proteção de sarjetas, guias, guarda-rodas, guarda-corpos e pavimentos contra a possibilidade de serem atingidos pelo material asfáltico.

Os serviços de distribuição de cimento asfáltico de petróleo (CAP) ou emulsões asfálticas deverão ser interrompidos quando houver risco de chuvas, ou quando os agregados estiverem molhados.

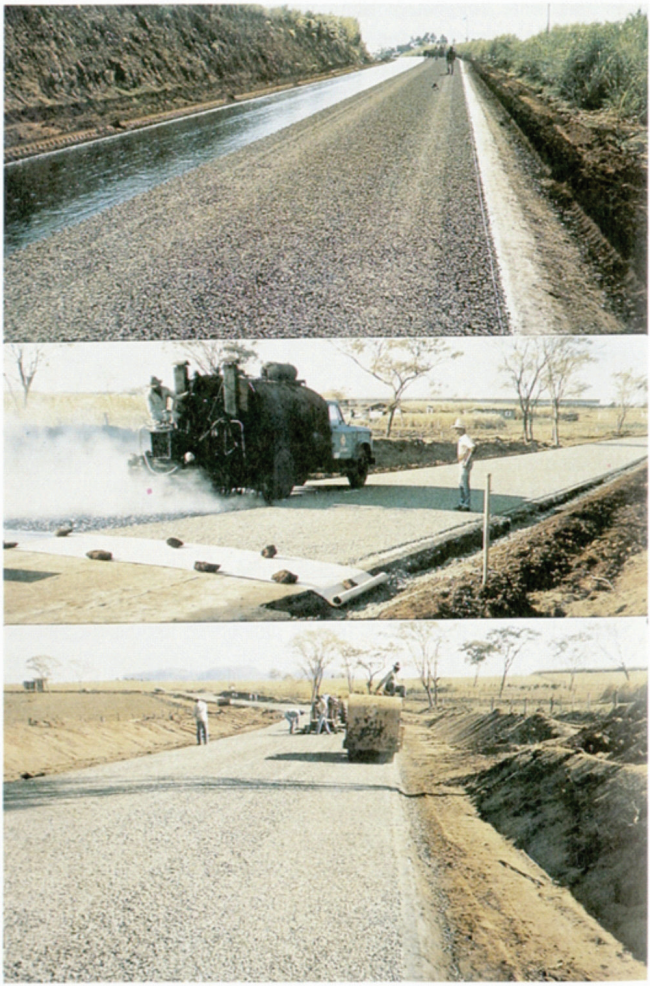
Havendo muito pó, geralmente oriundo do tráfego nos desvios próximos, haverá a necessidade de irrigá-los a fim de evitar prejuízos ao serviço.

No caso de aplicação de emulsão, deve-se aguardar a ruptura, antes da aplicação do agregado.

Preliminarmente à distribuição do material asfáltico, deverá ser feita uma verificação da vazão dos bicos da barra distribuidora, semelhante à indicada para o caso das imprimaduras.

A distribuição somente poderá ser iniciada depois de atingida a vazão correta e regulada a posição da barra distribuidora.

O comprimento do trecho a ser tratado no dia deverá ser determinado em decorrência do número e capacidade dos equipamentos envolvidos no processo.



Tratamento superficial

Antes da aplicação do ligante, o caminhão distribuidor deverá ficar posicionado entre 10 e 15 m antes do começo dos serviços, devidamente alinhado com as marcas na pista.

A velocidade a ser obedecida na distribuição deverá ser informada ao motorista afim de se obter a taxa correta do ligante

O caminhão distribuidor deverá manter velocidade uniforme e percorrer trajetória paralela ao eixo. Todos seus instrumentos de controle (tacômetro, manômetro e termômetro) deverão estar em perfeito funcionamento e o pessoal devidamente treinado.

A abertura e fechamento dos bicos aspersores far-se-á quando de sua passagem sobre as folhas de papel "kraft".

Em casos especiais, quando a forma ou dimensões impedirem o uso da barra distribuidora, deverá ser empregada a mangueira de operação manual. Imediatamente após a aplicação do material asfáltico, deverá ser iniciada a distribuição do agregado. Primeiramente, deverá ser regulada a abertura do distribuidor de agregado.

O equipamento distribuidor de agregado funcionará em marcha à ré, de maneira a evitar que suas rodas e as do caminhão basculante transportador do agregado entrem em contato direto com o material asfáltico.

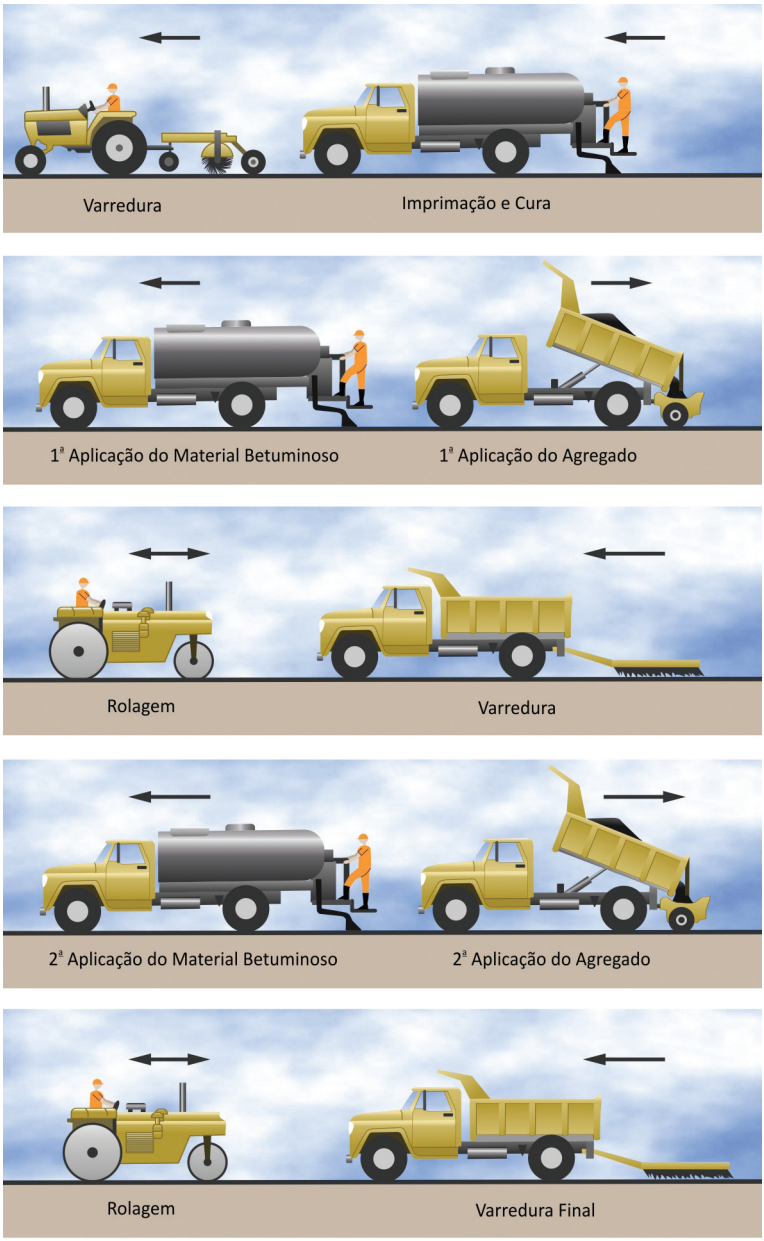
Quando se trabalha em meia pista, a distribuição do agregado na primeira meia pista deverá ser feita em uma largura 20 cm menor que a coberta pelo ligante, ficando junto ao eixo longitudinal uma faixa sem agregado, dita de reserva. Esta faixa será recoberta quando se fizer a distribuição do agregado da segunda meia pista.

Após a passagem do distribuidor de agregado, será verificada a existência de falhas. As falhas encontradas deverão ser corrigidas com a vassoura manual.

Após a regularização, será iniciada a compressão que, nos trechos retos, partirá das bordas para o centro, em percursos equidistantes do eixo.

Em cada percurso deverá haver sempre um recobrimento da metade do anterior.

Nas curvas com superelevação, a compressão será iniciada na borda mais baixa.



Etapas de execução do tratamento superficial

Junto ao pavimento concluído anteriormente, a compressão será feita transversalmente ao eixo.

Nos locais de difícil acesso aos rolos, ou onde seu emprego não for conveniente (pontes, viadutos etc.) serão empregados compressores portáteis.

A operação de compressão será acompanhada de varredura e somente cessará quando os agregados, sob a ação dinâmica das rodas dos compressores, se mantiverem estáveis.

Geralmente, a compactação é executada por dois compactadores operando em ida e volta, guardando uma distância de 50 m do distribuidor de agregado e se deslocando com velocidade inferior a 8 km/h. A rolagem será suspensa quando houver perfeito entrosamento dos agregados e envolvimento do ligante.

Enquanto durar sua execução, o tratamento superficial deverá ser protegido das águas pluviais, trânsito e outros agentes prejudiciais.

Terminada a compactação e não havendo chuva, a pista tratada poderá ser entregue ao tráfego, limitando-se a velocidade a 40 km/h, até o perfeito entrosamento do agregado.

Misturas asfálticas

A mistura asfáltica é uma associação de agregados com um ligante asfáltico, executada em usinas apropriadas.

Deve ter como principais características a estabilidade (resistência) e a durabilidade. Os principais fatores que as condicionam são:

- granulometria do agregado;
- forma e dureza das partículas do agregado;
- quantidade e consistência do ligante asfáltico;
- grau de compactação.

Estabilidade e durabilidade nem sempre estão juntas. As misturas mais estáveis nem sempre são as mais duráveis. Deve-se visar um equilíbrio entre elas, ao se projetar a mistura.

Outros fatores entretanto influem no projeto:

- tipo do agregado disponível na região;
- tráfego;
- equipamentos disponíveis;
- necessidade de se obter uma superfície antiderrapante;
- preferência local por determinado tipo de pavimento.

– Usinado a frio - ET-DE-P00/022 e 025

São misturas de asfaltos diluídos de petróleo ou de emulsão asfáltica com agregados devidamente dosadas em laboratório.

A granulometria do agregado e o modo de aplicação da mistura determinam o tipo do material asfáltico a ser empregado.

Misturas que serão distribuídas em seguida à fabricação usam asfaltos diluídos de cura rápida ou emulsões de ruptura média.

Quando o agregado estiver úmido e se destinar à mistura com asfalto diluído, deverá sofrer uma secagem prévia.

As misturas com emulsões podem ser feitas com o agregado úmido, sendo certa umidade até necessária, principalmente quando for alta a porcentagem de agregado que passa na peneira nº 10 (abertura de 2,00 mm).

As misturas com emulsão são distribuídas e compactadas sem aeração. Altas temperaturas e baixo teor de umidade ambiental aceleram a cura. A porcentagem de agregado que passa na peneira nº 10, que tem abertura de 2,00 mm, governa a trabalhabilidade da mistura.

As misturas com asfalto diluído que são armazenadas antes da distribuição, contém de 5 a 10% menos na fração do agrega-

do que passa na peneira nº 10, do que as que devem ser distribuídas logo após a fabricação. Um asfalto diluído de cura média comumente dá as condições de trabalhabilidade à mistura armazenada.

Os materiais usados na preparação da mistura usinada a frio constam das especificações técnicas de serviços do DER/SP.

Os equipamentos utilizados na execução de uma capa de usinado a frio são os seguintes:

- usina misturadora;
- caminhões basculantes para o transporte da mistura;
- distribuidor de mistura;
- motoniveladora;
- compactadores auto-propulsores de rodas pneumáticas e de rodas lisas;
- soquetes manuais, ou compactadores vibratórios portáteis;
- régua de 3 m;
- ferramentas de pequeno porte, tais como pás, rastelos etc.

Antes da distribuição da mistura, deverão ser colocados piquetes em ambos os lados da pista, a conveniente distância das bordas, para o controle do alinhamento e greide.

A base deverá estar imprimada antes da distribuição do usinado.

Quando houver risco de chuvas, ou quando a temperatura for menor que 10°C não se deve iniciar os serviços. Quando na mistura for usado um asfalto diluído, o agregado deverá estar seco.

Quando for usada uma emulsão, a umidade do agregado não deverá ultrapassar 10%, e não será permitido o uso de aditivos destinados à melhoria da adesividade.

O tempo de mistura será aquele suficiente para o completo recobrimento do agregado.

No transporte da mistura, deverão ser tomados cuidados para se evitar segregação do material.

O transporte da mistura é feito por caminhões basculantes. As caçambas dos caminhões devem estar absolutamente limpas e a carga deverá ser coberta por lona impermeável.

Na distribuição da mistura, deverão ser tomados os cuidados necessários para se evitar correções posteriores com adição de material.

Como explicado anteriormente, a compressão, nos trechos retos, será iniciada nas bordas e os compressores deverão ter suas trajetórias paralelas ao eixo e recobrir em cada passada a metade da anterior.

As passadas sucessivas deverão ter comprimentos diferentes, de modo a não terminarem todas na mesma seção transversal. Nas curvas com superelevação, o início do serviço será pelo lado mais baixo. Cada passada deve recobrir metade da precedente.

Os compressores não poderão executar manobras nos trechos ainda em compactação. No fim de cada passada, o compactador deverá ter sua velocidade reduzida progressivamente, para que a inversão dos sentidos de marcha se faça sem golpes. As rodas serão molhadas apenas o suficiente para evitar a aderência do ligante asfáltico.

Quando os rolos compressores não mais produzirem marcas sobre a superfície, a compactação poderá ser dada como terminada.

Não será permitida a correção de defeitos com a simples adição de mistura.

Devem-se corrigir os defeitos retirando-se todo o material, na espessura total da camada, em área retangular envolvente do defeito, com dois dos lados paralelos ao eixo da pista, substituindo-o por massa fresca, a ser compactada até que atinja a densidade da camada circundante.

– Usinado a quente - ET-DE-P00/027

Usinado a quente é uma mistura de agregados, material de enchimento e cimento asfáltico de petróleo, realizada a quente em usina. Deverá haver completo recobrimento de todas as partículas do agregado pelo ligante asfáltico.

A mistura deve ser distribuída a quente. Os materiais empregados no usinado a quente são descritos na especificação técnica ET-DE-P00/027 do DER/SP.

Os equipamentos empregados são praticamente os mesmos indicados para o usinado a frio, incluindo:

- tanques para armazenamento do material asfáltico equipados com dispositivos para aquecimento e bomba;
- usina própria para usinado a quente;
- vibro-acabadora.

Os procedimentos construtivos são análogos ao do usinado a frio, observando-se mais os pontos a seguir.

A usina deverá ser equipada com dispositivos que minimizem a poluição do ar (ciclones) e devidamente licenciada pelos órgãos ambientais.

O cimento asfáltico, ao ser adicionado ao agregado, deverá ter uma temperatura capaz de lhe conferir uma viscosidade entre 75 e 150 segundos "Saybolt-Furol", o que vale na prática, a temperatura da ordem de 150°C a 160°C.

Temperaturas acima de 160°C devem ser evitadas, pois poderão causar a oxidação do asfalto.

Deve-se ter em conta que o emprego de agregado muito úmido reduz sensivelmente a capacidade da usina.

O resfriamento da massa, entre a usina e o local de aplicação deve ser inferior a 10°C.

A distribuição será feita por acabadora autopropelida equipada

com mesa vibratória. Sua caçamba e mesa vibratória deverão estar completamente limpas.

Antes de iniciada a distribuição, deverão ser feitas as regulagens necessárias à obtenção da espessura desejada.

Os caminhões basculantes encostam em marcha à ré na acabadora, para alimentá-la. Cuidados devem ser tomados para que o contato entre o caminhão e a acabadora se faça sem choque violento e que a massa seja vertida somente dentro de sua caçamba.

Até sua final descarga, o caminhão deverá se deixar empurrar pela acabadora.

A fim de que a acabadora trabalhe sem interrupções, enquanto um caminhão a alimenta, outro deve estar aguardando nas proximidades para garantir a continuidade da operação do equipamento.

A temperatura da mistura, quando da distribuição, deverá estar próxima de 140°C.

Quando possível, a distribuição deverá ser feita concomitantemente por duas acabadoras trabalhando lado a lado, e guardando distância conveniente. Com isso a capa cobrirá toda a largura da pista (de duas faixas de tráfego) sem o inconveniente da junta longitudinal.

A operação da acabadora deverá ser cuidadosa, a fim de minimizar o trabalho manual após a sua passagem.

Inicialmente, a compactação é feita pelo rolo de pneus de pressão variável. Ele deverá trabalhar o mais próximo possível da acabadora, em posição tal que suas rodas motrizes estejam próximas.

A pressão dos pneus deverá ser aumentada à medida que for ocorrendo a compactação da massa. Para a compactação valem as mesmas orientações já vistas para o usinado a frio.

Na etapa final, a compactação é completada pelo rolo de rodas lisas, tomando-se o cuidado para que suas rodas estejam perfeitamente limpas. O rolo deverá estar equipado com dispositivo para

que as mesmas sejam molhadas, evitando a aderência da massa asfáltica às rodas metálicas.

O rolo liso deve trabalhar o mais próximo possível do compactador de pneus. As recomendações feitas para o rolo de pneus também são válidas, no que couber, para o rolo de rodas lisas.

A compactação deve prosseguir até que se atinja o grau especificado no projeto. Com o andamento dos trabalhos, após algumas verificações, este controle poderá ser feito pela simples contagem do número de passadas.

No usinado a quente as juntas exigem cuidados especiais, pois uma junta mal executada deixa passar a água e não apresenta um bom aspecto.

Para a junta longitudinal devem ser tomados os seguintes cuidados: distribuir a massa da segunda meia pista enquanto a massa da primeira ainda estiver quente; distribuir com o rastelo o excesso de massa que porventura resultar da distribuição da massa destinada à segunda meia pista; compactar a segunda meia pista com a cobertura total da junta, incluindo parte da primeira meia pista.

Para as juntas transversais deve ser adotado o seguinte procedimento: eliminar cerca de 1 m da camada antes executada através de um corte reto e vertical. Sugere-se colocar, antes do início dos trabalhos, sob a mesa vibratória da acabadora, cunhas com espessura igual à do assentamento da massa sobre a camada já compactada. Compactar a junta com o rolo de rodas lisas em um comprimento de 30 cm a 40 cm, o rolo trabalhando à ré.

Não deve ser permitida a correção de defeitos mediante a adição de massa à camada já compactada. A correção somente poderá ser permitida mediante a retirada do material, em toda a espessura da camada, em área retangular envolvendo o defeito, com dois de seus lados paralelos ao eixo, substituindo-o por nova mistura, compactada até a densidade de projeto.

A abertura ao tráfego só será permitida quando a massa estiver à temperatura ambiente.

CONTROLES DA EXECUÇÃO

Os controles usuais na execução do pavimento são de dois tipos: geométricos e tecnológicos.

Os **controles geométricos** se referem a cotas, larguras e espessuras.

Os **controles tecnológicos** se orientam para a caracterização dos materiais:

- solos;
- agregados;
- ligantes;
- misturas.

Os controles realizados em solos se destinam a obter sua caracterização típica, medir seu grau de compactação e sua capacidade de suporte.

Os ensaios para a caracterização dos solos são os de:

- granulometria;
- limite de liquidez;
- limite de plasticidade;
- classificação MCT.

A medida do grau de compactação é feita por comparação com o material compactado segundo determinadas condições (ensaio de Proctor e suas variantes). O projeto deve especificar qual a porcentagem do valor obtido em laboratório que deverá ser atingida no campo.

A medida da capacidade de suporte, conforme já mencionado, é dada pelo ensaio CBR (*California Bearing Ratio*) que no Brasil é chamado ISC (Índice de Suporte Califórnia).

Os ensaios usuais para se caracterizar os agregados são: granulometria e abrasão. Os resultados dos ensaios de granulometria permitem verificar se os agregados satisfazem as especificações quanto a granulometria, geralmente designadas como "faixas granulométricas".

Na especificação técnica para concreto asfáltico usinado a quente, ET-DE-P00/027 do DER/SP são indicadas as faixas granulométricas usuais.

O ensaio de abrasão mais usado é o Abrasão Los Angeles. Os ensaios usuais para controle dos ligantes são: para os cimentos asfálticos e os asfaltos diluídos, os de viscosidade e penetração; para as emulsões, os de viscosidade e resíduo na peneira nº 20 (0,84 mm).

Para o controle das misturas asfálticas são empregados os ensaios de adesividade, de teor de asfalto e de granulometria. Para o controle da compactação da camada de usinado, determina-se sua densidade. Para os tratamentos superficiais, controla-se a quantidade de ligante asfáltico por m^2. Para detalhes do controle de cada serviço devem ser consultadas as especificações técnicas do DER/SP, disponíveis em seu website.

PROTEÇÃO DO CORPO ESTRADAL

Corpo estradal

NOÇÕES PRELIMINARES

A vegetação na faixa de domínio e vizinhanças oferece grande proteção ao corpo estradal e, principalmente por isso, deverá ser preservada ao máximo. O desmatamento, para a implantação de uma estrada nova ou melhoria de uma existente, deve ficar restrito às áreas onde seja absolutamente necessário.

Para as áreas fora da faixa de domínio, mas que, de perto, interessam à boa conservação da estrada, a mantenedora do trecho deverá procurar por todos os meios, junto aos seus proprietários, a colaboração necessária à manutenção da vegetação protetora.

Na maioria dos casos, o que se visa é o controle da erosão. Mas, sempre que possível, a atenção também deve ser voltada ao aspecto estético.

As seguintes situações acarretam problemas à conservação do corpo estradal:

- acostamentos estreitos ou inexistentes;
- taludes íngremes;
- faixas de domínio estreitas, insuficientes para a acomodação dos dispositivos de drenagem.

Muitas vezes estes inconvenientes podem ser evitados com pouco dispêndio adicional na fase de implantação, ou atenuados fazendo-se a proteção do corpo estradal, utilizando-se os materiais a seguir indicados.

MATERIAIS

Vegetais: a seleção das espécies mais adequadas e as medidas para a correção dos solos deverá contar com o auxilio de um agrônomo. As variedades mais empregadas são: grama batatais (paspalum notatum), grama seda (cynodon dacty Ion), capim pernambuco (paspalum mandiocanum), Kudzu (pruraria thumbergiana), Kikuio (panisetum clan destinum), bambuzinho (bambusa mitis). Se possível, o mais econômico é a utilização de espécies vegetais nativas da região.

Materiais asfálticos: são empregados os asfaltos diluídos e as emulsões. Sua utilização para a proteção do corpo estradal nas vicinais é muito rara, devido aos custos elevados.

Pedras: são empregadas "in natura" ou aparelhadas. Como empedramento, alvenaria ou sob a forma de gabiões.

PROJETO

Os taludes de cortes e aterros devem ser revestidos com grama ou outras espécies vegetais. Estas providências, além de permitirem uma boa harmonização com a paisagem natural, dão eficiente proteção ao corpo estradal e facilitam os trabalhos de conservação. Deve-se proceder a um arredondamento das cristas de cortes e pés de aterro.

Na plantação de árvores e arbustos, deve-se tomar cuidado para sua adequada colocação, principalmente tendo em vista a visibilidade em curvas internas, interseções e acessos e posicionamento em relação a borda da plataforma.

Algumas vezes, a proteção dada pela vegetação não é suficiente, e então recorre-se ao revestimento asfáltico, ou ao empedramento, alvenarias de tijolo ou pedra, placas ou valetas de concreto. Nos casos mais difíceis, devem ser executados muros de arrimo, tanto em aterros como em cortes.

No projeto das obras de proteção do corpo estradal, deve-se sempre ter presente o custo da sua manutenção.

CONSTRUÇÃO

Proteção dos Taludes

A maior e mais barata proteção do corpo estradal é dada pelo revestimento vegetal. Deve ser executado com a orientação do projeto.

A grama, preferencialmente, deve ser plantada em leivas. Outros processos são os da hidrossemeadura e o plantio por "mudas".

As raras utilizações do material asfáltico em proteção de taludes ocorrem em saias de aterro, pois o seu aspecto desagradável desaconselha seu uso em taludes de cortes.

Proteção de taludes – Revestimento vegetal

Para sua execução, inicialmente, o talude deve ser regularizado e limpo de todo material solto, e posteriormente compactado.

Medidas devem ser tomadas para uma adequada compactação da superfície. Antes da aplicação do material asfáltico, o solo deverá ser ligeiramente umedecido. O serviço deverá ser iniciado preferencialmente de manhã. São empregados asfaltos diluídos ou emulsões na taxa de 1,00 ℓ/m^2.

Obras de Contenção de Taludes

As obras de contenção de taludes são, em geral, os muros de arrimo. Podem ser construídos em concreto armado, concreto ciclópico, alvenaria de pedra argamassada ou seca, "crib-wall" ou em gabiões.

OBRAS-DE-ARTE ESPECIAIS

NOÇÕES PRELIMINARES

Denominam-se obras-de-arte especiais, ou abreviadamente O.A.E., as pontes, viadutos, pontilhões e outras obras que exijam cálculo estrutural específico. Chamamos de pontes e viadutos as obras destinadas a transpor obstáculos, dando continuidade à via,

Obras-de-Arte Especial

tais como, rios, vales profundos, outras vias etc.

Quando a transposição for de grotas secas, outras vias ou demais obstáculos não constituídos por água, a O.A.E. denomina-se viaduto.

Costuma-se chamar de pontilhão as pontes de pequeno vão. Não há, entretanto, qualquer importância na distinção entre pontes e pontilhões, pois ambos se subordinam aos mesmos procedimentos de projeto e construção.

MATERIAIS

As pontes e viadutos podem ser executadas em:

- concreto armado;
- aço.

No Estado de São Paulo, hoje em dia, não são mais construídas pontes de madeira, face ao seu elevado custo de implantação e de conservação; as existentes com este material, vem sendo gradativamente substituídas. Tem-se adotado usualmente as pontes em concreto armado, e com menos frequência, as metálicas ou mistas.

Os principais materiais utilizados nas obras-de-arte especiais são o concreto e o aço. O aço é adquirido de acordo com as especificações e quantidades de projeto, e no canteiro da obra, sempre que for o caso, são preparadas as peças e armaduras nas dimensões previstas para sua utilização.

As peças que serão diretamente incorporadas à obra como elementos estruturais, normalmente já vêm "prontas", isto é, com as dimensões e formatos definitivos. Isso ocorre com as vigas de concreto e lajes, geralmente elementos pré-moldados que integrarão a ponte.

A madeira destinada às formas, cimbramentos, escoramentos etc., é adquirida de acordo com as especificações e deve ser aparelhada e preparada pelos carpinteiros antes de ser utilizada. Assim, também o aço para as armaduras a serem empregadas no concreto armado vem em barras que são cortadas nas dimensões corretas, dobradas e colocadas nas formas pelos ferreiros e armadores.

O concreto empregado em obras nas vicinais normalmente é preparado junto ao próprio local de utilização. Seus constituintes são os agregados, o cimento, a água e aditivos, se necessário.

Os agregados, isto é, areia e brita ou pedregulho, devem estar isentos de impurezas, principalmente matéria orgânica e argila.

Os agregados graúdos devem provir de rochas duras, evitando-se os provenientes de calcários fracos, feldspatos e xistos. A forma dos agregados tem fundamental importância: as pedras muito angulosas são difíceis de misturar e adensar.

A água não deve conter materiais orgânicos e outras impurezas (água potável). O cimento deve ser de boa qualidade, atendendo-se às normas da ABNT. De modo geral, não se deve misturar cimentos de tipos diferentes. Quanto à mistura dos materiais, isto é, ao concreto propriamente dito, cabem algumas observações.

O que, de início, se necessita conhecer é a granulometria dos agregados. Conhecendo-se a granulometria de cada um dos agregados, parte-se para a determinação das proporções em que devem entrar no concreto.

A resistência do concreto depende da resistência da argamassa, dos agregados e da relação entre o volume destes e o volume total do concreto. A resistência do concreto e a relação água-cimento deverão ser definidas no projeto executivo.

A resistência da argamassa dependerá das proporções entre cimento e areia e da relação água-cimento utilizada. É desejável que essa relação seja da ordem de 0,4 a 0,5, porém, deve-se seguir a recomendação do projeto.

Quando a peça a ser concretada é esbelta e tem muita área de formas, há a necessidade de se aumentar a proporção de finos. O mesmo ocorre com as armaduras. O diâmetro máximo do agregado deve ser determinado em função da armadura, para evitar a ocorrência de "vazios" na concretagem.

A granulometria pode ser contínua ou descontínua. É chamada contínua quando o agregado tem partículas de diversos tamanhos, desde as menores até as maiores, e descontínua quando faltam alguns dos tamanhos intermediários.

As contínuas adaptam-se melhor aos pedregulhos de rios, de formas arredondadas, e as britas de formas pouco angulosas. As descontínuas são empregadas em casos especiais, quando o fator economia e altas resistências são preponderantes, e adaptam-se melhor aos agregados de forma irregular.

Um método prático para dosar pelo sistema de mínima areia é o de preparar uma argamassa contendo a relação água-cimento que se deseja, em função da resistência requerida, e a areia apenas suficiente para se obter a plasticidade necessária.

Coloca-se esta argamassa, assim preparada, em um recipiente, e este sobre a mesa vibratória. Durante a vibração, vão se colocando pedras graúdas, enquanto caibam na argamassa. Medem-se então as proporções. A granulometria resultante é descontínua, chamada composição granulométrica de Vallette.

O preparo da argamassa deve ser orientado por um profissional competente e experiente, e obedecidas as normas da ABNT e a especificação técnica do DER/SP ET-DE-C00/001.

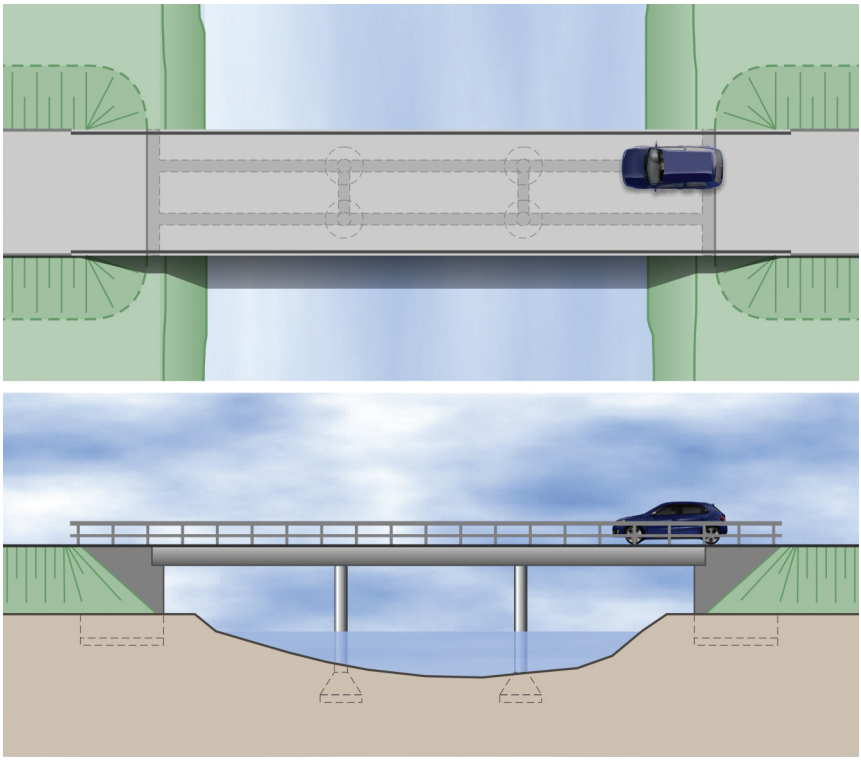
O transporte e o manuseio do concreto devem estar terminados antes do início da pega do cimento, o que corresponde a um período da ordem de cinco ou seis horas.

PROJETO

Elementos das Pontes e Viadutos

As pontes rodoviárias, assim como os viadutos, são constituídas das seguintes partes:

- superestrutura;
- mesoestrutura;
- infraestrutura;
- encontros.



Ponte - Planta e perfil

Superestrutura destina-se a suportar a carga útil, composta de duas partes principais:

- tabuleiro ou estrado, que recebe diretamente as cargas aplicadas;
- vigamento principal, cuja função é receber a carga do tabuleiro e transmiti-la aos pilares componentes da mesoestrutura.

Mesoestrutura é formada por pilares e sua função é a de receber os esforços da superestrutura e transmiti-los à infraestrutura.

Infraestrutura é também denominada fundação. Sua função

é transmitir ao solo as cargas recebidas da mesoestrutura. Ela é constituída por elementos como: blocos, sapatas, estacas, tubulões etc.

Encontros são elementos destinados a fazer a ligação entre a ponte e o terreno, servindo para proteger as extremidades do aterro contra a erosão e absorver os esforços horizontais aplicados ao tabuleiro. Os encontros, imprescindíveis em algumas obras, podem ser dispensados em outras cujos aterros de acesso não apresentam perigo de erosão. Nesses casos são substituídos por cortinas, nas extremidades do tabuleiro. Os encontros deverão ter no projeto executivo a laje de aproximação.

PREPARAÇÃO DE DADOS

O projeto de uma ponte deverá ser elaborado por engenheiros especializados em cálculo estrutural.

Dados para o Projeto

Para a elaboração do projeto de uma ponte são necessários dados que poderão ser colhidos no campo. Dentre eles devem ser destacados os seguintes:

Elementos Topobatimétricos: deverá ser locado e nivelado o eixo longitudinal da obra, com indicação das cotas do fundo do rio e do nível d'água a intervalos máximos de cinco metros, abrangendo o comprimento provável da obra, acrescido de, no mínimo, cinquenta metros em cada extremidade. Deverá ser feito um levantamento planialtimétrico, abrangendo a largura de 50 m para cada lado do eixo, permitindo que se represente o relevo com curvas de nível a cada metro.

Deverá também ser executado o levantamento de seções topobatimétricas do leito submerso de rios, canais, lagos, reservatórios etc.

Devem ser levantadas no mínimo três seções batimétricas, sendo uma no eixo da ponte, uma imediatamente a montante e outra imediatamente a jusante. Eventualmente, o número de seções poderá ser alterado em função da complexidade da obra ou a critério do projetista.

Elementos Hidrológicos: deverão ser obtidas informações meteorológicas e ambientais, tais como: dados pluviométricos (chuvas), cotas dos níveis de máxima cheia e máxima estiagem do curso d'água, dados para determinação da seção de vazão necessária a obra-de-arte, e informações sobre outras obras-de-arte vizinhas, no mesmo curso d'água, para utilização na elaboração dos estudos hidrológicos. Esses dados podem ser encontrados nos sites: www.daee.sp.gov.br (banco de dados hidrometeorológicos), www.ana.gov.br, http://hidroweb.ana.gov.br, ou nas vizinhanças da obra.

Elementos Geológicos e Geotécnicos: a natureza do terreno onde se pretende assentar uma obra deve ser reconhecida antecipadamente por meio de investigações geológicas e geotécnicas (sondagens a percussão e/ou rotativas). Devem ser feitos, no mínimo, 2 furos em cada margem ao longo de duas linhas, paralelas ao eixo da rodovia, uma de cada lado e, distando deste, aproximadamente três metros. Quando a O.A.E. tiver apoios intermediários deverão ser feitas sondagens (2 no mínimo) no local destes apoios.

Largura da Ponte a Projetar

Na elaboração de um projeto de ponte deve-se levar em conta a largura da pista. Sempre que possível, deve-se projetar a ponte com largura que comporte a pista e os demais elementos da seção transversal. Quando isso não for possível, deve-se prever uma faixa de segurança de pelo menos um metro, de cada lado. Dependendo da necessidade, passeios deverão constar no projeto da O.A.E.

Estimativa das Dimensões da Obra

Quando a rodovia tem um curso d'água a transpor, não se deve pensar imediatamente em uma ponte, pois, dependendo das vazões de projeto, uma galeria de seção quadrada ou retangular (celular) pode ser suficiente para resolver o problema de maneira mais econômica.

PREPARAÇÃO DO PROJETO

Para elaboração dos projetos recomenda-se a consulta aos projetos padrão do DER/SP que podem ser encontrados no site www.der.sp.gov.br. Esses padrões facilitam a preparação do projeto, sendo necessárias, em alguns casos, somente adaptações.

CONSTRUÇÃO

Na execução das obras-de-arte especiais é essencial que se assegure o cumprimento das condições de projeto e das especificações construtivas.

São usuais os seguintes regimes de construção:

Por Administração Direta

Este esquema se aplica quando a própria Prefeitura executa diretamente a obra. Para tanto, ela deverá possuir pessoal e equipamentos adequados. É indispensável que conte com um engenheiro experiente, que dirija a execução e que fique por ela legalmente responsável.

Por Contratação de Empreiteira

Quando a Prefeitura não possuir os elementos indicados, poderá contratar terceiros para a execução parcial ou total dos serviços.

Com isso, a Prefeitura deve se encarregar diretamente da parte de fiscalização e administração da obra. Se não contar no seu qua-

dro com um engenheiro experiente nesse tipo de obras, é recomendável que a Prefeitura contrate a fiscalização a uma empresa ou a um engenheiro de estruturas.

OUTRAS ESTRUTURAS

São consideradas obras-de-arte especiais, além das pontes e viadutos, todas as obras que requeiram, para seu dimensionamento, a elaboração de cálculos estruturais feitos por engenheiro especializado.

Entre elas se incluem os muros de arrimo dimensionados à flexão, as contenções atirantadas de taludes, passagens de gado, passagens de veículos etc.

CONTROLES DE EXECUÇÃO

O controle da execução é essencial para assegurar o cumprimento das condições do projeto e das especificações construtivas.

A fiscalização é realizada por equipes especializadas, abrangendo as seguintes atividades:

- controles geométricos, topográficos e ambiental;
- controle de qualidade dos materiais;
- obediência às especificações construtivas.

Controles Geométrico, Topográficos e Ambiental: nesta atividade efetua-se o controle desde a locação da obra até a verificação dos alinhamentos finais. Dentre esses controles destacam-se a verificação da locação de fundações e pilares, alinhamentos e dimensões das formas para concreto, alinhamento das bordas visíveis. Estes últimos que influem no aspecto estético da obra, são representados por barreiras laterais, guarda-corpos, cantos de vigas e lajes etc. Deve também ser efetuado o controle

ambiental da obra para proteção dos corpos d'água, da vegetação lindeira e da segurança viária.

Controle de Qualidade dos Materiais: este controle pode ser feito em dois níveis:

- **controle prévio:** consiste na inspeção dos materiais nos locais de origem, determinando-se sua aceitabilidade, mediante inspeção visual e ensaios de amostras em laboratório especializado. Os materiais deverão atender às exigências das especificações pertinentes da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT);
- **controle durante a execução:** é feito com base nas partidas de fornecimento recebidas no canteiro da obra. Esses ensaios são geralmente feitos em um laboratório de campo instalado na própria obra. É também feito o controle do concreto preparado na obra.

A trabalhabilidade do concreto é verificada pelo abatimento de cones de concreto fresco ("slump test"). Quanto maior o abatimento, maior a plasticidade do concreto.

A resistência do concreto endurecido é medida em ensaios de ruptura por compressão simples de corpos de prova cilíndricos. Para cada 30 m^3 de concreto serão moldados, pelo menos, quatro corpos de prova cilíndricos que são geralmente rompidos com as idades de 3, 7 e 28 dias. O rompimento dos corpos de prova é feito por prensas em laboratórios especializados.

Obediência às Especificações Construtivas: uma obra-de-arte, cuja construção atendeu às especificações construtivas e às demais condições do projeto, pode ser colocada em serviço sem necessidade de ensaios adicionais.

As normas de projeto e as especificações de construção propiciam coeficientes de segurança satisfatórios para estas obras.

Em casos excepcionais, de obras que não atenderam às especificações, ou que inspirem dúvidas por quaisquer outros motivos, o recebimento da obra poderá ficar condicionado à realização de ensaios não-destrutivos.

Em obras de concreto armado, se as dúvidas se referirem à qualidade (resistência) do concreto empregado, podem ser feitos ensaios não-destrutivos para confirmar os valores da resistência do concreto da obra.

Em obras de qualquer material que apresentem dúvidas, pelo tipo estrutural ou por irregularidades construtivas, o recebimento poderá ficar condicionado à realização de provas de carga.

Essas provas consistem em carregar a estrutura com valores crescentes de solicitações, não ultrapassando porém as cargas de serviço previstas no projeto.

O comportamento da estrutura sob as cargas e as deformações residuais, medidas após o descarregamento, permitem avaliar as condições de trabalho da obra e a sua segurança.

As provas de carga são, entretanto, trabalhos muito especializados, que devem ser realizados e interpretados por engenheiros com grande experiência no assunto.

DRENAGEM

NOÇÕES PRELIMINARES

A água acelera a destruição dos pavimentos e dos taludes, e uma drenagem adequada é condição básica para a manutenção de uma estrada em boas condições de operação.

É sabido que os maiores e mais frequentes danos causados às estradas ocorrem na época das chuvas.

Neste volume vamos nos ater às noções básicas para o projeto e implantação de bueiros, caixas coletoras, bocas de lobo, poços de visita, drenos, valetas, sarjetas, canaletas, descidas d'água e dissipadores.

MATERIAIS

Os materiais comumente empregados na construção destas obras são:

- peças pré-moldadas de concreto, tais como tubos de concreto simples ou armado, galerias celulares, tampas de caixas coletoras, poços de visita etc.;
- tubos de chapas metálicas corrugadas ou de PEAD (Polietileno de Alta Densidade);
- madeira e pregos para formas, escoramentos etc.;
- agregados, cimento e água para confecção de concreto;
- aço em barras, para armaduras do concreto;
- pedras de vários tipos, dimensões e formatos para alvenarias, enrocamentos, gabiões etc.;
- alvenaria de blocos de concreto;
- agregados para filtros drenantes e fundações de bueiros;
- geotêxteis para obras de canalização e drenagem subterrânea;
- gabiões para revestimentos de canais;
- leivas, mudas ou sementes de grama ou de outras espécies vegetais.

Para os serviços de adequação das rodovias vicinais com características de estradas rurais deverão ser utilizadas, no que couber, as recomendações de drenagem estabelecidas no Manual Técnico (manual CATI n.77) - "Adequação de Estradas Rurais" do PEMH - Programa Estadual de Microbacias Hidrográficas, da Coordenadoria de Assistência Técnica Integral da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Governo do Estado de São Paulo - CATI.

PROJETO

De maneira geral todos os critérios a serem utilizados no projeto de drenagem de uma estrada vicinal devem ser orientados pelas Instruções de Projeto do DER/SP, IP-DE-H00/001 e 002, Estudos Hidrológicos e Projeto de Drenagem, respectivamente.

Para se obter a vazão de água de drenagem que chegará a um determinado ponto, para elaboração do dimensionamento hidráulico, são necessários os seguintes dados: área da bacia, sua declividade média, seu revestimento e a natureza do seu terreno (solo). Quando não se dispõe de dados hidrológicos, geomorfológicos e topográficos da região, pode-se obter estes elementos com uma inspeção local.

As informações referentes à área da bacia e sua conformação podem ser obtidas das plantas cartográficas, aerofotográficos ou aerofotogramétricos existentes no IBGE (escala 1:50.000) ou no IGC (Instituto Geográfico e Cartográfico da Universidade de São Paulo) na escala 1:10.000, ou ainda, podem ser levantados no local por meio de topografia.

Os dados referentes às chuvas podem ser obtidos nos sites: www.daee.sp.gov.br (banco de dados hidrometeorológicos), do Departamento de Águas e Energia Elétrica de São Paulo, www.ana.gov.br, http://hidroweb.ana.gov.br da Agência Na-

cional de Águas (ANA), ou outros órgãos oficiais congêneres, como a CATI e o Instituto Nacional de Meteorologia, INMET.

Para elaboração dos projetos de drenagem são adotados critérios, entre eles está a chamada chuva de projeto, que é função de um determinado índice pluviométrico.

A intensidade das chuvas não é a mesma em todos os anos, fato este revelado por medições feitas num mesmo local, durante vários anos.

Uma análise destes dados permite avaliar qual a maior intensidade de chuva que ocorreu em determinado intervalo de tempo. Assim, para um determinado lugar (região) e um determinado período, tem-se uma determinada chuva. À probabilidade de ocorrência dessa chuva em determinado intervalo de tempo dá-se o nome de período de retorno ou de recorrência e a intensidade da chuva, ou seja, a quantidade de chuva que cai durante um intervalo de tempo, que geralmente é medido em horas ou minutos, chama-se de chuva de projeto. O período de retorno está associado à importância da obra: quanto maior o período considerado, mais importante é a obra, ou seja, para projeto de pontes, por exemplo, se utiliza período maior do que para projeto de canaletas.

Geralmente, para cada tipo de obra é utilizado um período de recorrência e a chuva de projeto da região em estudo. Para o projeto de vicinais, a definição do período de recorrência e da chuva de projeto deve ser realizada de acordo com as recomendações da Instrução de Projeto IP-DE-H00/001, do DER/SP.

Os parâmetros de projeto utilizados devem atender aos requisitos mínimos para que se obtenha, quando necessário, a outorga de autorização de implantação de empreendimentos com utilização de recursos hídricos e a outorga de direito de uso de recursos hídricos, ambas obtidas junto ao DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica). A necessidade ou não

de outorga junto ao DAEE deve ser pesquisada nos documentos constantes no site www.daee.sp.gov.br no link "Outorgas e fiscalização". Caso a estrada cruze algum curso d'água, muito provavelmente terá que ser solicitada outorga de direito de uso para a execução desse bueiro.

Para o cálculo da vazão de bacias com área de drenagem menor ou igual a 50 km² devem ser utilizados métodos indiretos, baseados nos estudos de intensidade, duração e frequência das chuvas da região. Para bacias com área maior que 50 km², caso haja disponibilidade de dados fluviométricos em quantidade suficiente e qualidade, deve ser utilizado o método estatístico direto; caso contrário, devem ser utilizados métodos diretos consagrados no meio técnico. Portanto, em função da área da bacia hidrográfica deve-se utilizar o método de cálculo de vazões de projeto mais adequado, seguindo as recomendações da Instrução de Projeto, IP-DE-H00/001, do DER/SP.

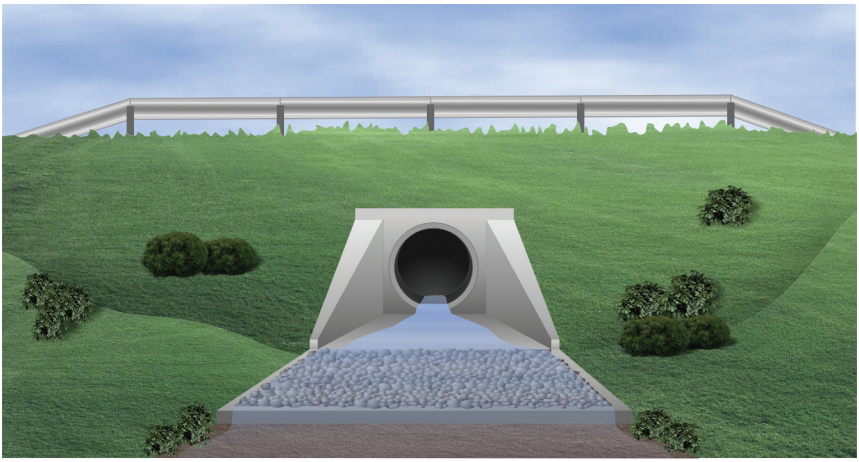
Conhecidas as vazões, poderão ser dimensionados os vários dispositivos de um sistema de drenagem: sarjetas, bueiros, valetas etc. Para o dimensionamento hidráulico, a fórmula mais empregada é a de Manning, associada à Equação da Continuidade, a qual pode ser encontrada com maior detalhe no Volume III, Anexo 5.

As figuras a seguir ilustram dois bueiros sob estradas vicinais: o primeiro executado com tubo de concreto (vista para jusante - saída do bueiro) e, o segundo, com tubo circular metálico.

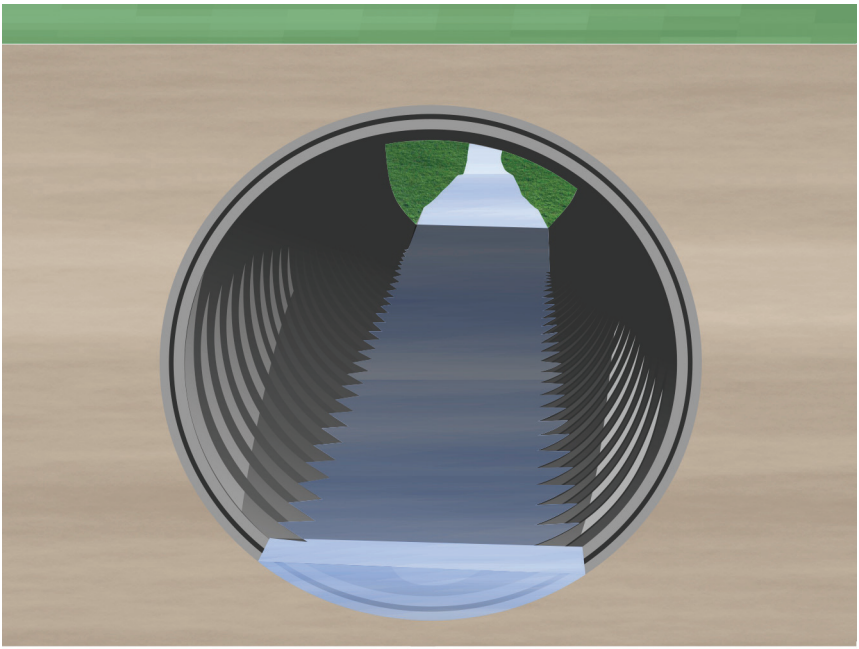
Os dispositivos usuais nos sistemas de drenagem são:

Travessias

Os bueiros e galerias, também chamados de travessias intermediárias, são dispositivos de drenagem de talvegues (cursos d'água) usados para a passagem da água de um lado para outro da estrada.



Bueiro a jusante



Bueiro metálico

Havendo outras estradas próximas, atravessando o mesmo vale, deverá ser observado o comportamento das obras existentes a fim de se obter uma estimativa da seção de vazão necessária.

De modo geral, sua declividade deverá ficar entre 0,5% e 5%. Casos extremos poderão chegar a 8%. Mas, nestes casos, deverão ser projetadas ancoragens para os tubos. Entretanto, a declividade máxima deverá ser fixada em função da velocidade máxima admissível da água dentro do conduto. Essa velocidade pode ser encontrada na IP-DE-H00/002.

As fundações das travessias podem ser construídas de acordo com dois padrões: salientes ou em vala. Os bueiros de chapas metálicas não devem ser apoiados em bases rígidas, ou seja, de concreto.

Existem tabelas que fornecem as bitolas das chapas metálicas e as resistências necessárias para os tubos de concreto, em função das diferentes alturas de aterro, diâmetros internos e tipos de fundação. A ABNT também tem normas e ensaios aplicáveis aos tubos de concreto.

Caixas Coletoras e Bocas de Lobo

Destinam-se à coleta das águas superficiais provenientes das sarjetas ou valetas, conduzindo-as a um bueiro.

Poço de Visita

É um dispositivo que possui uma câmara espaçosa no fundo e uma chaminé que dá acesso à superfície do terreno, de forma a permitir inspeção e limpeza do bueiro.

É utilizado nos seguintes casos:

- pontos intermediários de canalizações extensas, para permitir limpeza e manutenção;
- pontos de mudança de declividade e/ou de direção dos condutos;
- pontos de conexão de vários condutos.

Drenos Profundos e de Pavimento

Os drenos profundos constituem-se por drenos subterrâneos, drenos sub-horizontais, drenos de talvegue e drenos de pavimento. Devem ser utilizados quando o nível do lençol freático, nos trechos em corte, estiver até 1,5 m abaixo da cota de terraplenagem da estrada, nas épocas chuvosas, e 3,0 m nas épocas de seca. A necessidade de colocação de drenos profundos deverá ser indicada por sondagens executadas ao longo do trecho.

Na drenagem profunda é importante o conhecimento dos constituintes do solo e da situação do lençol freático.

Pelos vazios entre os grãos do solo a água do lençol freático pode subir até vários metros, chegando a afetar sensivelmente a resistência do subleito, comprometendo o pavimento.

A subida da água é devida ao fenômeno da "capilaridade" e é tanto maior quanto menores forem os grãos de solo, e, consequentemente, os espaços entre eles. Nas areias, ela pode ser considerada fraca, nos pedregulhos e pedras britadas, quase não ocorre e nos solos argilosos é intensa.

Os drenos de pavimento longitudinais e transversais têm por objetivo drenar a água infiltrada através do pavimento. Esses drenos são rasos e devem ser executados de acordo com o projeto padrão do DER/SP. Devem ser utilizados nas seguintes situações:

- para drenar a água infiltrada no pavimento;
- como garantia contra o efeito de bombeamento originado por umidade em surgência através de trincas no pavimento, no caso de estradas antigas.

Devem ser colocados drenos transversais rasos nos pontos baixos da estrada e no montante das obras-de-arte especiais (pontes e viadutos).

Sarjetas, Valetas, Canaletas

Entre os dispositivos de drenagem superficial são chamados de sarjetas aqueles utilizados na plataforma da estrada e de valetas, além daqueles usados para proteção do corpo estradal, fora da plataforma. Quando estes últimos servem para a proteção dos taludes de cortes ou de aterros são chamados de valetas de proteção.

A declividade a ser adotada no projeto depende do greide da via. E dependendo da declividade do greide da estrada vicinal deverá ser utilizado material adequado para a implantação destes dispositivos. Entretanto, a declividade também não deve ser tão elevada que acarrete velocidades altas e, consequentemente, problemas de erosão.

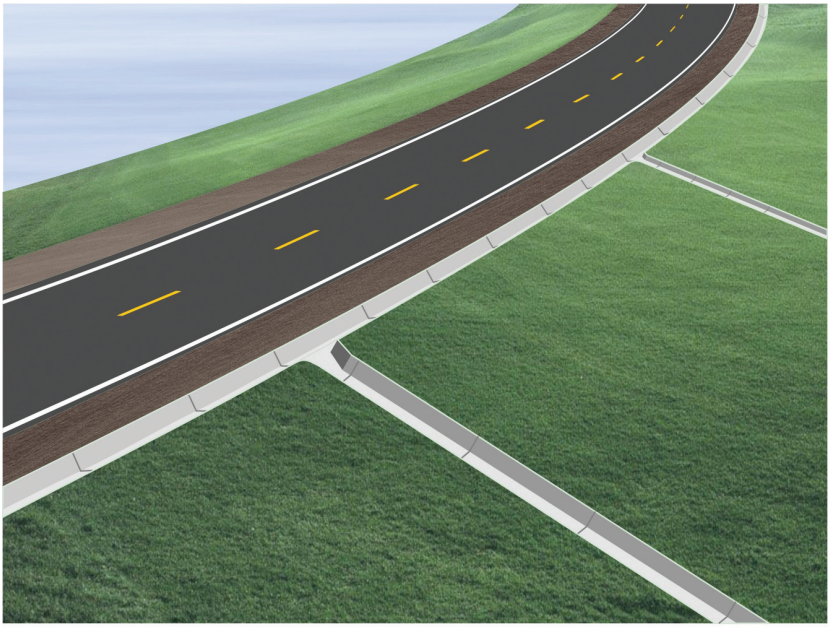
Para evitar erosões, pode-se revestir esses dispositivos. Este deverá ser escolhido de acordo com a velocidade de escoamento da água constante na IP-DE-H00/002.

Descidas de Água

Nos pontos baixos dos aterros e nos locais onde o fluxo estiver próximo da capacidade de escoamento, deverão ser previstas saídas de água a partir das quais a água é afastada da estrada de forma a não causar erosões. As valetas para descida de água, colocadas nas saias dos aterros são chamadas de "rápidos". Apresentam declividades muito altas e por isso devem ser sempre revestidas de concreto. Deve-se também prever dissipadores de energia no final dos rápidos, para atenuar a velocidade da água e diminuir o risco à erosão do terreno natural.

O espaçamento entre as saídas de água depende do greide da estrada, da capacidade de descarga das sarjetas e da vazão que ela deve transportar, devendo ser estudado por profissional experiente.

Drenagem Superficial - Sarjetas



Drenagem Superficial - Descidas d'água tipo rápido

Dissipadores e Escadas

Dissipadores são estruturas destinadas a dissipar a energia do escoamento, promovendo a redução da velocidade da água com a finalidade de evitar a erosão em seu entorno.

Devem ser previstos dissipadores de energia no final de descidas d'água, de valetas, de bueiros ou de qualquer dispositivo que venha a desaguar diretamente sobre o terreno natural que, por suas características naturais, seja propenso à erosão.

As escadas hidráulicas, também conhecidas como descidas d'água são dispositivos utilizados para conduzir pelos taludes de cortes e aterros as águas captadas por sarjetas, valetas e bueiros.

As escadas hidráulicas devem ser projetadas nos seguintes locais:

- nos pontos baixos que possam surgir ao longo do desenvolvimento das valetas de proteção de cortes e em talvegues secundários, interceptados por cortes cujas condições topográficas não permitam o esgotamento através das valetas de proteção;
- nos limites dos comprimentos críticos das canaletas e sarjetas de borda de aterro;
- nos pontos baixos das curvas verticais côncavas, nos aterros e junto aos encontros de pontes ou viadutos.

Deve-se evitar as saídas de bueiros nas saias de aterros ou taludes de cortes.

Valetas de Proteção

As valetas de proteção são construídas junto aos "off-sets" do corpo estradal, do lado de montante das bacias hidrográficas, e servem para interceptar as águas que possam vir a atingir o talude do corte ou do aterro.

Recomenda-se usar valetas revestidas de concreto quando o

solo for permeável ou suscetível a erosões. No caso de solos menos permeáveis e mais resistentes, recomenda-se o revestimento com grama em placas.

CONSTRUÇÃO

Travessias

As travessias compreendem os bueiros que podem ser classificados quanto à natureza dos materiais, à forma e ao número de linhas, conforme a tabela abaixo.

Classificação das travessias

Quanto à forma	Quanto à natureza	Quanto ao número de linhas
Tubulares	Rígidos de concreto, flexíveis de PEAD (Polietileno de Alta Densidade)	Simples, duplo, triplo
Celulares	Flexíveis de concreto	Simples, duplo, triplo
Ovóides, lenticular	Flexíveis metálicos	Simples, duplo, triplo

As travessias de concreto são constituídas por linhas de tubos com diâmetro entre 0,60 m e 1,50 m. As travessias metálicas podem ser de chapas lisas ou corrugadas, sendo as últimas as mais usadas e podendo seu diâmetro chegar a 7,60 m nos compostos por chapas múltiplas. Podem ter seção circular ou lenticular.

As travessias celulares são de concreto armado, podendo a seção ser quadrada ou retangular, simples ou múltipla. Deve ser realizado estudo de sua fundação e, de preferência, com base nos resultados de ensaios e sondagens.

A escavação para assentamento das travessias (bueiros) deve ser mecânica, exceto quando as dimensões ou a localização da obra não permitirem.

As valas devem ser abertas com as dimensões e nas posições es-

tabelecidas no projeto, no sentido de jusante para montante, com declividade longitudinal mínima do fundo de 1%, exceto quando indicada em projeto.

O material escavado pode, a critério da fiscalização da obra, ser reservado, no todo ou em parte, para posterior aproveitamento. Quando não ocorrer a reserva, o material deve ser transportado para o bota-fora.

As travessias não devem ser assentadas diretamente sobre o fundo das valas. Para seu assentamento devem ser construídos berços de 1ª classe (brita) ou de concreto, dependendo da carga de aterro sobre a travessia e deverão obedecer ao desenho do projeto padrão DER/SP.

Para bueiros tubulares com berço de concreto, a primeira etapa de concretagem deve ser realizada até altura que permita o assentamento dos tubos com as bolsas e em pontos intermediários colocados nos tubos, de modo a mantê-los na cota prevista em projeto.

A segunda etapa de concretagem deve ser realizada garantindo a perfeita aderência com o concreto da primeira etapa. O concreto vertido deve ser vibrado, de forma a garantir um perfeito envolvimento dos tubos pelo berço.

No assentamento de bueiros sobre berço de brita, a primeira camada de brita deve atingir a superfície inferior dos tubos, fazendo com que eles se acomodem no berço mediante pequenos movimentos dos tubos, auxiliados, se for o caso, por retirada de material na posição das bolsas dos tubos. Após o posicionamento correto dos tubos, em alinhamento e cota, deve ser completado o enchimento do berço, acomodando-se e compactando-se o material cuidadosamente, de modo a garantir que o berço envolva completamente os tubos até as alturas correspondentes, especificadas nos projetos padrão.

As juntas dos tubos de concreto devem ser rígidas, de argamassa de cimento e areia de traço mínimo 1:3. A argamassa que não for

empregada em até 45 minutos após a preparação deve ser descartada. Os tubos devem ser assentados de montante para a jusante, de acordo com o alinhamento e elevações indicadas no projeto, e com as bolsas montadas no sentido contrário ao fluxo de escoamento.

O reaterro de valas das travessias consiste no enchimento das valas abertas para o assentamento das mesmas, com solo devidamente compactado.

O solo destinado ao reaterro deve ser, preferencialmente, o próprio material da escavação da vala, desde que este seja de boa qualidade. Caso contrário o material deve ser importado.

O solo para reaterro deve possuir CBR ≥ 2%, expansão < 4% e não possuir matéria orgânica. Não deve ser utilizado material de qualidade inferior à do terreno adjacente.

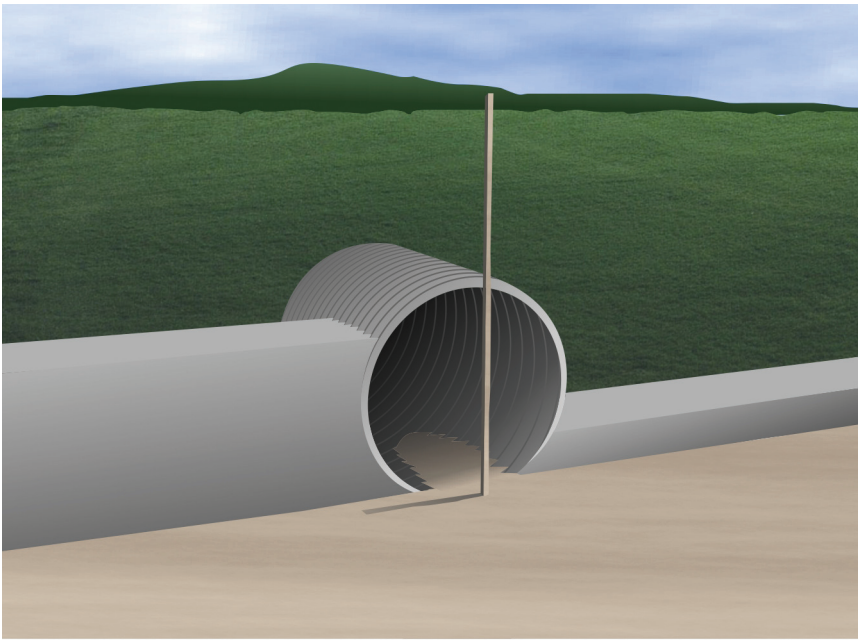
A compactação do material de reaterro deve ser executada em camadas individuais de 15 cm de espessura, com sapos mecânicos, placas vibratórias ou soquetes manuais.

O equipamento utilizado deve ser compatível com as dimensões de trabalho entre as linhas de tubos de bueiros duplos ou triplos. Deve ser dada atenção especial à compactação junto às paredes dos tubos, de forma a não danificá-los.

O reaterro deve prosseguir até atingir a espessura de, no mínimo, 60 cm da geratriz superior externa do corpo do bueiro, ou atingir a cota prevista em projeto.

A variação do teor de umidade admitido para o material de reaterro é de -2% a +1% em relação à umidade ótima de compactação, e o grau de compactação mínimo exigido é de 95% em relação à massa específica aparente seca máxima, determinada conforme NBR- 7182/86, na energia normal.

Não é aconselhável empregar máquinas pesadas na execução do aterro junto à obra, pois poderão provocar danos à mesma.



Bueiro - Construção

Caixas Coletoras, Bocas de Lobo, Poços de Visita

A execução das caixas coletoras, bocas de lobo e poços de visita deve ser orientada pelos projetos padrão do DER/SP. A escolha do projeto padrão adequado à obra deve seguir o especificado no projeto; o mesmo ocorre com as "cabeças" dos bueiros, constituídas normalmente por testa, alas e soleira na boca de jusante, e pelos mesmos elementos, ou então por uma caixa coletora, na boca de montante.

Drenos Profundos

A execução dos drenos profundos que são constituídos por material drenante (composto por pedra britada, limpa e isenta de argila, matérias orgânicas, cuja faixa granulométrica corresponde

àquela indicada no projeto), material filtrante (executado com mantas geotêxteis não tecidas de poliéster, de permeabilidade e espessuras indicadas no projeto) e tubos drenos perfurados ou não, de PVC rígido ou PEAD e que devem possuir diâmetros e dimensões indicadas nos projetos, deve ser realizada de acordo com as seguintes etapas:

- a vala do dreno deve ser aberta, no sentido de jusante para montante, atendendo às dimensões e declividade estabelecidas no projeto;
- o material escavado deve ser armazenado em local próximo, de forma a não prejudicar a configuração do terreno e nem dificultar o escoamento das águas superficiais;
- os drenos transversais podem descarregar em drenos longitudinais que por sua vez, podem descarregar em dispositivos de saídas, posicionados sempre em seções de aterro;
- a aplicação da manta geotêxtil deve ser executada fixando-a nas paredes e na superfície adjacente à vala, com grampos de ferro de 5 mm dobrados em "U";
- preenchimento da vala deve ser no sentido de montante para jusante, com os materiais especificados no projeto atendendo às seguintes particularidades:
    - preparo de uma camada de 10 cm de espessura no fundo da vala, com o material drenante;
    - os orifícios do tubos perfurados devem ficar voltados para baixo, e a bolsa do lado de montante;
    - complementação do enchimento da cava com o material drenante, acomodado em camadas individuais de cerca de 20 cm cada, até a cota especificada no projeto, tendo o cuidado de manter a integridade do tubo durante a operação de acomodação;

- dobragem e costura do geotêxtil, complementando o envelopamento. A sobreposição da manta nas emendas longitudinais deve ser de 20 cm com costura, ou 50 cm, sem costura.

- aplicação e compactação do selo de argila, quando previsto em projeto;
- execução das saídas de concreto de acordo com o projeto-tipo adotado. Nas saídas dos cortes, os drenos devem ser defletidos em cerca de 45°, com raio da ordem de 5,00 m, prolongando-se no mínimo 1,00 m além do off-set do aterro anexo. Executar, se necessário, escavação que garanta adequado fluxo às águas conduzidas pelo dreno.

Sarjetas, Valetas, Canaletas

As sarjetas e valetas trapezoidais podem ser revestidas de grama em placas, cascalho compactado, revestimento primário ou concreto fck=15 MPa, dependendo do especificado em projeto. Sua execução deve seguir o disposto nos projetos padrão do DER/SP, PP-DE-H07/003 e PP-DE-H07/004, no caso das valetas de banquetas de corte e aterro.

Durante a execução das sarjetas deve ser observado que as mesmas devem ter junta seca a cada 15 m.

As valetas trapezoidais devem ser executadas com declividade mínima de 0,50%.

Descidas de Água

A água da plataforma deve ser conduzida por uma sarjeta até encontrar as chamadas descidas d'água. Estas podem ser do tipo "rápido" ou "escada", definidas no projeto em função da vazão a ser transportada.

As descidas d'água devem ser executadas em concreto armado (fck=20 MPa), "encaixadas" no talude do aterro.

Logo após a execução da descida d'água, deverá ser feito reaterro lateral com material argiloso com a utilização de compactador manual e revestimento superficial do talude, com grama em placas.

As descidas tipo rápido podem ser lançadas no terreno natural com dissipador de energia, em sarjetas de concreto ou em valetas trapezoidais de concreto que podem estar na banqueta ou no pé do aterro. Já as descidas de aterro tipo escada podem lançar no terreno natural com a execução de dissipador de energia ou em valetas trapezoidais de concreto, enquanto as descidas d'água em corte podem lançar também em caixa coletora, boca de lobo ou sarjeta de corte.

A altura mínima da valeta de pé de aterro que irá receber o lançamento do rápido deverá ser de 30 cm, coincidente com a altura do mesmo. Esta valeta deverá ser, obrigatoriamente, revestida em concreto, ou seja, do tipo DR-3B.

No caso das descidas tipo escada, o topo das paredes laterais do dispositivo deverá estar no mínimo 10 cm abaixo da superfície lateral do talude.

Eventualmente, poderá ser necessária a utilização de descida d'água de bueiro tipo escada em taludes de corte ou aterro.

A execução dos rápidos ou descidas d'água tipo escada deve ser orientada pelos projetos padrão do DER/SP desenvolvidos para cada situação, nos desenhos PP-DE-H07/015 a PP-DE-H07/029.

Dissipadores de Energia

Os dissipadores de energia devem ser executados com enrocamento de pedra argamassada de diâmetro 20 cm ou pedra lançada, e podem ser na saída de valetas, canaletas ou bueiros.

A execução dos dissipadores deve ser orientada pelo projeto padrão do DER/SP, PP-DE-H07/011.

Valetas de Proteção

As valetas de proteção, tanto nos cortes como nos aterros devem ser executadas dentro da faixa de domínio, distantes 3,0 m dos respectivos taludes, como especificado no projeto padrão do DER/SP, PP-DE-H07/004.

O assentamento das valetas deve acompanhar a declividade do terreno natural, porém deve-se assegurar o escoamento da água. Para isso deve ser mantida declividade mínima de 0,50 %.

A figura a seguir ilustra problemas de drenagem em estradas vicinais devido à ausência de elementos de drenagem superficial.

Patologias devido à drenagem superficial inexistente ou deficiente

Patologias devido à drenagem superficial inexistente ou deficiente

As valetas devem ser escavadas com largura suficiente para receber os elementos pré-fabricados ou para permitir a moldagem no local do revestimento de concreto ou o revestimento de grama em placas. Ao fim da escavação deve-se executar cuidadosamente o enchimento com solo compactado, junto à valeta, para que a água tenha acesso à mesma, e não penetre entre o terreno e o revestimento.

Valeta de banqueta não revestida

Valeta de banqueta revestida

CONTROLES DE EXECUÇÃO

Os controles da execução da drenagem são de três tipos: geométrico, tecnológico e ambiental.

Os controles geométricos se referem à verificação dos alinhamentos, cotas, larguras, espessuras e diâmetros dos elementos do sistema de drenagem.

Os controles tecnológicos se referem à verificação da compactação dos solos de fundação, resistência dos tubos de concreto, de cerâmica, das canaletas de concreto, e dos concretos utilizados nos elementos fundidos no local.

Os procedimentos de controle ambiental referem-se à proteção de corpos d'água, da vegetação lindeira e à segurança viária. Devem ser tomados cuidados e providências para proteção do meio ambiente, a serem observados no decorrer da execução dos dispositivos de drenagem.

NOÇÕES E PROCEDIMENTOS DE MEIO AMBIENTE

As condições ambientais de uma estrada ou rodovia estão diretamente relacionadas à sua adequada operação e conservação. Em relação às obras de melhoria e conservação de uma estrada vicinal, todas as atividades que poderão gerar impactos negativos ao meio ambiente devem ser identificadas e analisadas, de modo a prever medidas preventivas e mitigadoras.

As estradas não pavimentadas são responsáveis por cerca de 50% do assoreamento de corpos hídricos e 70% das erosões existentes no Estado de São Paulo (CODASP, 2007). A erosão pode ocorrer devido às condições de conservação da estrada de terra, tipo do terreno, clima da região, ausência de cobertura vegetal e matas ciliares nas margens dos corpos hídricos, carência de manutenção ou inexistência de sistemas de drenagens superficiais, entre outros.

As erosões formadas durante e após a construção de estradas ou rodovias contribuem diretamente no carreamento de grandes quantidades de sedimentos, podendo ocasionar o assoreamento e a deterioração da qualidade dos corpos hídricos, levando à diminuição da capacidade hídrica, turbidez da água, mortandade de peixes e outros desequilíbrios ecológicos.

Para o planejamento das ações de engenharia, é necessário o entendimento sobre a dinâmica ambiental de uma rodovia vicinal, e para tanto, devemos primeiramente compreender dois conceitos: serviço ambiental e sustentabilidade.

Serviço ambiental é o serviço que a natureza presta a todos os seres vivos, através de elementos que refletem na qualidade de vida, como ar puro, água potável, solos férteis, florestas ricas em biodi-

versidade, alimentos etc. A natureza preservada mantém o equilíbrio para a manutenção da vida e de seus processos.

Para que os serviços ambientais prestados pela natureza mantenham-se preservados, é necessária a aplicação de práticas ambientais que evitem e/ou minimizem os danos causados pelas interferências humanas, ou seja, deve-se praticar a **sustentabilidade**.

Segundo Instituto Brasileiro de Governança Corporativa - IBGC (2007), o termo desenvolvimento sustentável é entendido como aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade das gerações futuras de atenderem às suas. Esta definição permite equacionar e equilibrar os interesses de conservação ambiental e de melhoria da qualidade de vida humana.

Os efeitos decorrentes da atuação humana nos sistemas sociais e ambientais muitas vezes ocorrem de forma não-linear, irreversível e de difícil mensuração. É o caso da implantação de uma rodovia, que passa a ser uma infraestrutura permanente, parte da paisagem, que interage diretamente com o meio ambiente ao seu redor.

As rodovias transformam a paisagem e a realidade local e regional. São estruturas que, durante a operação, permanecem ao longo do tempo como elementos da paisagem.

A maioria das rodovias vicinais, por estar inserida em áreas rurais e não urbanas, possui uma relação mais próxima com a natureza, pois o meio apresenta-se melhor preservado. Nesses locais podemos encontrar corpos d'água de boa qualidade para consumo, vegetação menos impactada, ar puro etc. Estes aspectos ambientais devem ser analisados em todas as etapas (planejamento, projeto, construção, operação e conservação) de uma estrada ou rodovia vicinal, de modo a evitar mudanças significativas no contexto ambiental em que ela será inserida.

SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL

A implementação de um Sistema de Gestão Ambiental decorre da responsabilidade do empreendedor em buscar a sustentabilidade dos investimentos públicos ou privados, contribuir para eficiência na implementação de políticas voltadas à proteção do meio ambiente, tais como a preservação de ecossistemas, a redução de impactos ambientais, o controle do uso e consumo de recursos naturais, entre outros compromissos de estímulo ao desenvolvimento sustentável.

Com a crescente complexidade da legislação ambiental e a maior fiscalização exercida pelos órgãos ambientais e Ministério Público, reflexo da importância atribuída pela sociedade à preservação do meio ambiente e ao desenvolvimento sustentável, tem-se exigido um aprimoramento permanente das organizações para a gestão ambiental. Diante dessa necessidade, o Departamento de Estrada de Rodagem do Estado de São Paulo – DER/SP criou um Sistema de Gestão Ambiental – SGA, que implementa a sua Política Ambiental.

O **Sistema de Gestão Ambiental** é um sistema de gerenciamento que inclui a estrutura organizacional, as responsabilidades funcionais, as atividades de planejamento, as práticas e procedimentos, os processos e recursos para desenvolvimento, implementação, revisão e manutenção da Política Ambiental de uma Instituição.

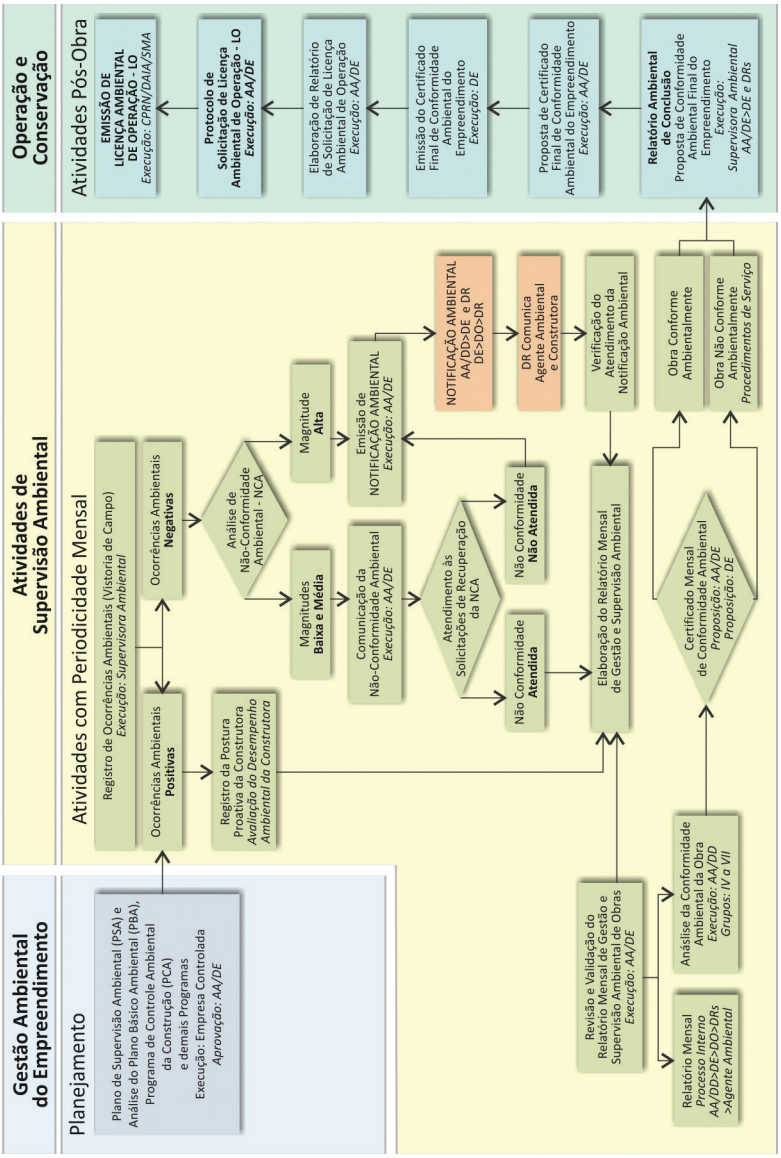
O Fluxograma Específico de Procedimento do Sistema de Gestão Ambiental apresenta as Fases de Implantação, Operação e Conservação de Empreendimentos Rodoviários do DER/SP.

As informações técnicas e gerenciais necessárias à implementação do SGA são armazenadas no Sistema de Informações Ambientais Rodoviárias - SIAR, desenvolvido especialmente para fun-

Fluxograma sobre o Sistema de Gestão Ambiental – SGA do DER-SP

FLUXOGRAMA ESPECÍFICO DE PROCEDIMENTOS DO SGA

Gestão e Supervisão Ambiental de Implantação, Operação e Conservação de Empreendimentos Rodoviários



* Fonte: PSGA-003 – Procedimentos para Implantação, Operação e Conservação de Empreendimentos Rodoviários. DER/SP

cionar como instrumento de apoio a todas as atividades de gestão ambiental a cargo do DER/SP.

O SIAR tem como objetivo principal a automatização das rotinas de armazenamento e controle de informações ambientais rodoviárias desenvolvidas pelo DER/SP.

A concepção e a estruturação do Sistema de Gestão Ambiental do DER/SP, bem como as diretrizes gerais, procedimentos, instruções de projeto e especificações técnicas para o desenvolvimento das atividades ambientais, estão apresentados no DSGA-001 – Manual do Sistema de Gestão Ambiental, e seus anexos.

PROCEDIMENTOS AMBIENTAIS PARA A FASE DE PLANEJAMENTO

Na fase de planejamento de uma rodovia deverá ser realizado o diagnóstico ambiental preliminar das áreas a sofrerem intervenção, com o objetivo de identificar e compreender a inter-relação entre os diversos componentes dos meios físico, biótico e socioeconômico e a dinâmica dos processos de transformação.

A Instrução de Projeto IP-DE-S00/002 - Caracterização e Análise Ambiental Preliminar de Empreendimentos Rodoviários, do DER/SP define os procedimentos básicos para elaboração da caracterização e análise ambiental preliminar de empreendimentos rodoviários.

Diagnóstico Ambiental Preliminar

A caracterização e análise ambiental preliminar para as obras em estradas ou rodovias vicinais têm a função de identificar as interferências ambientais que irão ocorrer em razão das obras. As intervenções ambientais podem ocorrer devido à: interferência junto as Unidades de Conservação (Parques Estaduais e Federais, Áreas de Proteção Ambiental, Reservas Legais etc.

- Lei 9985/2000 – Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC); intervenção em recursos hídricos; supressão de vegetação nativa; intervenção em Área de Preservação Permanente – APP (Resolução CONAMA 303/2002), interferência com núcleo urbano etc.

Na etapa de planejamento é importante identificar os impactos e procurar adotar medidas destinadas a evitá-los, contorná-los e/ou minimizá-los; quanto mais cedo forem identificados e analisados melhores serão os resultados obtidos. Esse procedimento é o método mais eficaz de previsão e controle de impactos e deve estar incorporado às atividades de planejamento e projeto.

Os principais impactos ambientais observados em estradas e rodovias vicinais em relação aos meios físico, biótico e socioeconômico, nas fases de planejamento, implantação e operação são apresentados no quadro.

Avaliação de impactos ambientais de uma vicinal

Impactos Ambientais	Meio Físico	Meio Biótico	Meio Socioeconômico
Fase de Planejamento			
Aumento da ansiedade da população			X
Geração de empregos diretos e indiretos			X
Desapropriação e remanejamento de imóveis			X
Especulação imobiliária			X
Fase de Implantação			
Formação de processos de erosão e de assoreamento	X		
Alteração na qualidade do ar	X		
Alteração da qualidade das águas superficiais	X		
Alteração da qualidade do solo	X		
Alteração da qualidade das águas subterrâneas	X		
Degradação de áreas para disposição de material excedente e exploração de jazidas	X		
Aumento dos níveis de ruído	X		
Supressão de vegetação		X	
Interferências em Áreas de Preservação Permanente (APP)		X	
Afugentamento e perturbação da fauna		X	
Redução de habitats da fauna		X	
Aumento da pressão de caça		X	X
Aumento do risco de fogo		X	X
Acidentes envolvendo trabalhadores e transeuntes			X
Interferências com serviços de utilidade pública			X
Interrupções temporárias de vias de circulação local			X
Interferência com patrimônio arqueológico			X
Riscos de acidentes viários nas proximidades das obras			X

Avaliação de impactos ambientais de uma vicinal

Impactos Ambientais	Meio Físico	Meio Biótico	Meio Socioeconômico
Fase de Operação			
Formação de processos de erosão e de assoreamento	X		
Formação de escorregamentos e queda ou rolamento de blocos	X		
Alteração na qualidade do ar	X		
Alteração da qualidade das águas superficiais	X		
Alteração da qualidade do solo	X		
Alteração da qualidade das águas subterrâneas	X		
Alteração na abrangência e frequência de enchentes	X		
Rompimento de sistemas de drenagem	X		
Ruídos e vibrações	X		
Atropelamento de fauna		X	
Aumento do risco de fogo		X	X
Aumento de vetores nocivos na faixa de domínio			X
Invasão da faixa de domínio			X
Aumento do grau de atratividade para a instalação de atividades comerciais e industriais			X
Valorização imobiliária a nível regional			X
Desvalorização imobiliária a nível local			X
Redução dos tempos médios de viagem			X
Aumento da segurança para pedestres			X
Impactos nas receitas fiscais			X
Melhoria dos padrões de acessos e da acessibilidade			X

Com base no quadro dos impactos ambientais, pode-se observar que na fase de planejamento, são gerados impactos relacionados apenas ao meio socioeconômico, pois não existem interferências diretas na estrada ou rodovias vicinal. Já nas fases de implantação e operação as alterações ambientais também são observadas nos meios físico e biótico. Neste manual serão tratados com mais atenção os problemas relacionados aos processos do meio físico.

Os principais problemas relacionados aos processos do meio físico observados em estradas ou rodovias vicinais, bem como a sugestão de medidas corretivas são apresentados no quadro a seguir.

Principais problemas do meio físico observados nas vicinais

Principais problemas	Causa	Medida corretiva
Estradas não pavimentadas		
• Ondulações • Rodeiros • Atoleiros	• Falta de capacidade de suporte do subleito e ausência ou deficiência de sistema de drenagem; • Os atoleiros, em muitos casos, também são formados pelo afloramento da água subterrânea no leito da estrada.	• Escoamento de água acumulada por meio de valetas e sangras; • Implantar camada de reforço e executar revestimentos primários; • Execução de dreno profundo.
Areiões de espigão	Em regiões de solo arenoso é comum a formação de "areiões", pela ação combinada do tráfego e da lavagem do material pela água da chuva. São trechos por vezes 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.	Mistura de argila com areia do leito ou confinamento com revestimento primário.
Areiões de baixada	Em regiões de solos arenosos é também comum a formação de "areiões" em trechos de baixada. Para a formação destes, a maior colaboração é da areia trazida pela água proveniente dos trechos altos adjacentes.	Idem à medida anterior. Neste caso é fundamental o combate da erosão dos trechos altos, caso contrário, novas camadas de areia acumular-se-ão sobre o trecho de baixada.
Emissão de material particulado	Excesso de material fino no leito da estrada, que forma nuvens de poeira na época de seca, colocando em risco a segurança do tráfego e reduzindo a vida útil dos motores dos veículos.	Aplicação de 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	Em regiões onde a camada de solo é mais 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.	A correção deste problema pode ser conseguida com uma camada de revestimento primário de cobertura, ou pela obturação de cavidades com pedra e argamassa de cimento, quando o trecho for curto.
Pista molhada derrapante	Trechos muito argilosos quando submetidos à ação da chuva ficam praticamente sem atrito e aderência. A pista se torna escorregadia, levando riscos ao tráfego, ou até impossibilitando sua continuidade quando o fenômeno ocorre em rampas.	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.
Costelas de vaca	Este problema surge principalmente onde o leito foi "encascalhado" com material granular de dimensões em geral entre 5 e 10 mm sem ligante. O tráfego vai acumulando o material em ondulações transversais à estrada, causando violenta trepidação nos veículos.	A correção deste problema é feita com a substituição do material granular superficial por revestimento primário ou material granular agulhado no leito, se este for argiloso.
Pista seca derrapante	Surge onde o encascalhamento foi feito com material granular de qualquer dimensão sem ligante. 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).	A correção nestes casos é a mesmas da "costela de vaca". No caso do material granular ser muito grosseiro e o leito argiloso pode-se realizar agulhamento.

Fonte: IPT (1988) modificado.

Principais problemas do meio físico observados nas vicinais

Principais problemas	Causa	Medida corretiva
Estradas não pavimentadas		
Segregação lateral	O material granular de qualquer dimensão, superficial, sem ligante, é lançado pelo tráfego para	A correção consiste na mistura do material existente com material ligante, substituição
Segregação lateral	O material granular de qualquer dimensão, superficial, sem ligante, é lançado pelo tráfego para as laterais da estrada.	A correção consiste na mistura do material existente com material ligante, substituição por revestimento primário ou execução de agulhamento.
Buracos	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 e/ou a inexistência de tratamento primário, ou então deficiência do componente ligante (argila), do próprio tratamento primário.	A correção destes problemas deve começar pela drenagem das águas da plataforma através do abaulamento transversal, valetas e sangras. Os buracos isolados devem, em seguida, ser tapados.
Erosões em ravina	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, em forma de sulcos onde os solos têm baixa resistência à erosão e, sob a ação de enxurradas, evoluem para grandes ravinamentos.	O combate à erosão se dá pela implantação de um eficiente sistema de drenagem, o qual deve buscar os seguintes objetivos: - evitar que as águas escoam ou empocem sobre a pista, canaletas de crista, bueiros, passagens livres etc.; - retirar o máximo possível a água da plataforma por meio de sangras; - evitar que as águas escoam ou empocem sobre a pista de rolamento, executando o abaulamento transversal com declividade em torno de 3%; proteger o sistema de drenagem (canaletas laterais); - depois da infraestrutura de drenagem implantada, providenciar o aterro da erosão e a proteção superficial do terreno.
Erosões em boçoroca	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.	O combate à erosão é difícil e trabalhoso, necessitando de 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 desta recuperação, nestes casos, são, em geral, muito elevados. É necessária a implantação de sistema de drenagem profundo para o disciplinamento da água subsuperficial, evitando que a mesma se torne agente indutor da erosão.

Fonte: IPT (1988) modificado.

Principais problemas do meio físico observados nas vicinais

Principais problemas	Causa	Medida corretiva
Estradas não pavimentadas		
Assoreamento de corpos hídricos	Conforme mencionado anteriormente, as estradas de terra são responsáveis por 50% do assoreamento de corpos hídricos no Estado de São Paulo. Isto ocorre devido à ausência de fiscalização e manutenção do leito das estradas e nos sistemas de drenagem, gerando a formação de erosões e carreamento de sedimentos para os corpos d'água.	Inspeção e manutenção periódica dos sistemas de drenagem e leito carroçável.
Rodovias pavimentadas		
Erosões em taludes de corte e aterro	A formação de processos erosivos em taludes de corte e aterro ocorre em decorrência da ausência de proteção superficial vegetal do solo.	Reconformação dos taludes e implantação de cobertura vegetal no solo.
Ineficiência do sistema de drenagem	O sistema de drenagem pode mostrar se ineficiente pela obstrução da passagem de água por resíduos dispostos na faixa de domínio e/ou material terroso carreado de áreas com solo exposto; dimensionamento inadequado de galerias, podendo ocasionar inundações na pista de rolamento e, consequentemente, acidentes.	Realizar inspeção periódica nos sistemas de drenagem da rodovia e efetuar a limpeza dos locais que se encontrarem obstruídos por resíduos ou material carreado de áreas com solo exposto.
Assoreamento de corpos hídricos e alteração da qualidade das águas	O carreamento de sedimentos provenientes de áreas com solo exposto pode ocasionar o assoreamento de drenagens naturais e atingir corpos hídricos, podendo afetar a qualidade dos mesmos, a fauna aquática e o abastecimento público.	Realizar inspeção periódica da faixa de domínio e taludes de corte e aterro em todo o trecho da rodovia, de modo a identificar os locais com solo exposto e adotar medidas corretivas para cada caso.
Alteração da qualidade do ar	Emissão de gases poluentes no ar pela queima de combustíveis dos veículos que utilizam a rodo	Monitoramento da qualidade do ar e inspeção esporádica de veículos
Ruídos	Com a pavimentação da rodovia e as boas condições de tráfego que a mesma proporciona, a frota de veículos se eleva, ocasionando um aumento dos níveis de ruídos.	Monitoramento de ruídos, e para as situações críticas implementar barreiras acústicas em locais estratégicos (centros urbanos, escolas, hospitais, etc.).

Fonte: IPT (1988) modificado.

O diagnóstico ambiental preliminar servirá como base para elaboração do projeto da obra e monitoramento das áreas de interesse ambiental. Nesta etapa de planejamento, deverão ser levantadas as seguintes informações, cujo detalhamento é apresentado na sequência.

- identificação de passivos ambientais;
- levantamento da vegetação a ser suprimida;
- interferência com corpos d'água e respectivas áreas de preservação permanente (APP);
- sistemas de drenagem existentes;

- infraestrutura existente na área de influência da rodovia;
- materiais a serem utilizados pelas obras.

Identificação de Passivos Ambientais

Passivo ambiental é o conjunto de todas as obrigações que as empresas têm com a natureza e com a sociedade, destinado exclusivamente a promover investimentos em benefício ao meio ambiente.

Alguns autores consideram passivos ambientais como áreas degradadas. SANCHEZ (1998) considera como passivo ambiental "o acúmulo de danos ambientais que devem ser reparados a fim de que seja mantida a qualidade ambiental de um determinado local".

O DER/SP define passivo ambiental como uma situação de degradação ambiental decorrente da construção e/ou operação de uma rodovia, interna ou externa à faixa de domínio, bem como decorrente de ações de terceiros que afetam, ou podem afetar, a faixa de domínio de uma rodovia.

São considerados como passivo ambiental: erosão, assoreamento, escorregamento ou deslizamento, alagamento, invasão de faixa de domínio, áreas de apoio não recuperadas e outros.

Estas áreas degradadas possuem diferentes naturezas: físico-química, biológica e socioeconômica, e fazem parte de um conjunto de problemas ambientais existentes nos empreendimentos rodoviários em funcionamento e que foram gerados no passado.

Como exemplos de passivos ambientais em uma estrada ou rodovia vicinal, podem ser citados:

- erosão causada por deságues dos sistemas de drenagens, ou pela ausência do mesmo, e o assoreamento correlacionado;
- poluição de rios pela descarga de efluentes de instalações utilizadas como apoio às obras da estrada;
- instabilidades de taludes de cortes e de aterros, que ameacem atingir propriedades de terceiros;

- assoreamentos de elementos de drenagem, naturais ou não, causados por processos erosivos instalados na faixa de domínio;
- alagamentos gerados pelo dimensionamento insuficiente de obras de arte;
- terrenos utilizados para instalação de acampamentos, áreas industriais e outras de apoio às obras de implantação de estradas, não recuperadas ou com recuperação não consolidada, proporcionando o surgimento de erosões superficiais, ravinamentos e consequentes assoreamentos em regiões lindeiras;
- áreas contaminadas, ou seja, onde há comprovadamente poluição causada por quaisquer substâncias ou resíduos que nelas tenham sido depositados, acumulados, armazenados, enterrados ou infiltrados, e que determinam impactos negativos sobre as áreas do entorno e contaminação do lençol freático;
- ocupação da faixa de domínio por moradia, comércio ou produção agrícola, de forma que comprometa a segurança da rodovia e da população do seu entorno;
- depósitos de lixo na faixa de domínio que, ainda que efetuados por terceiros, são passivos ambientais de responsabilidade do empreendedor.

Na 1ª Etapa do Programa de Recuperação de Rodovias do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo - PRR do DER-SP / Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID, que se encerrou em dezembro de 2006, foi realizado o cadastramento de passivos ambientais em toda a malha rodoviária sob jurisdição do DER. O resultado final do levantamento foi que, nas rodovias analisadas, existia uma área degradada a cada 10 km de rodovia.

Dentre as áreas degradadas levantadas e cadastradas, existem vá-

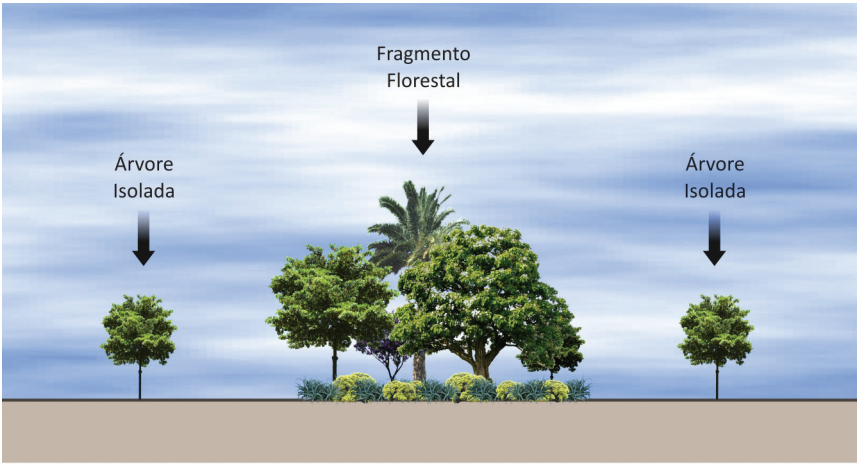
rios processos do meio físico. Foram registradas as feições de escorregamentos de encostas e taludes, erosões de diferentes tipos, assoreamento e colapsos (afundamentos); sendo as erosões o tipo de processo mais comum e mais numeroso, com cerca de 60% dos casos.

A caracterização de impacto ambiental dos processos do meio físico de uma estrada ou rodovia vicinal deve ser desenvolvida com base na análise da suscetibilidade dos terrenos, na concentração de feições de erosão por unidade e na análise da dinâmica dos processos existentes, ativos e que estejam associados ao funcionamento da mesma e que foram cadastrados como passivos ambientais. A caracterização é elaborada especificamente para as proximidades da estrada (200 m de cada lado), porém analisa-se também o contexto regional do empreendimento.

Durante a fase de planejamento de uma estrada ou rodovia vicinal deverão ser levantados e caracterizados os passivos ambientais que ocorrem ao longo da mesma. Para que o passivo ambiental seja considerado relevante e integre o banco de dados do município, as características devem ser contempladas de acordo com a IP-DE-S00/006 - Levantamento e Cadastro de Passivos Ambientais, do DER/SP.

Levantamento da Vegetação

Para a supressão de fragmentos florestais e/ou de árvores isoladas nativas, dentro ou fora de APP, é necessária a elaboração de estudos para identificar a vegetação afetada, como, por exemplo, inventário florestal, levantamento florístico e fitossociologia, dependendo das características de conservação em que esta vegetação se encontra, bem como do quantitativo total a ser suprimido. Estes estudos devem ser executados por profissional habilitado para este tipo de levantamento (engenheiro florestal ou engenheiro agrônomo).



Exemplo ilustrativo de cobertura vegetal nativa

Esses estudos devem ser realizados por meio de campanhas de campo para a observação direta, e visa a identificar e registrar as principais características dos fragmentos florestais e árvores isoladas, tais como: fisionomia da vegetação, espécies mais comuns, altura e porte dos exemplares arbóreos etc. Também devem ser considerados todos os hábitos que compõem a vegetação, como espécies: arbustivos-arbóreos, herbáceas, subarbustivas, epífitas e lianescentes.

Nestes estudos, ainda deve ser apresentado o volume do material lenhoso a ser gerado pelas atividades de supressão, visando à emissão de DOF (Documento de Origem Florestal) para a destinação final da madeira e o memorial de cálculo da compensação ambiental, definido em razão da supressão total prevista.

Por fim, todo este material gerado deve ser encaminhado para a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB, em forma de relatório conforme à legislação ambiental pertinente e às instruções de projeto do DER.

No Estado de São Paulo a legislação que define a caracterização de vegetação é a Resolução Conjunta SMA IBAMA/SP N° 1 de 1994,

quanto à regulação do licenciamento junto à CETESB devem ser seguidas a Lei Federal nº 11.428 de 2006, e as Resoluções da Secretaria do Meio Ambiente – SMA: Nº 086 de 2009 e Nº 18 de 2007.

A IP-DE-S00/007 - Obtenção de Autorizações Ambientais Específicas para Empreendimentos Rodoviários é a Instrução de Projeto que orienta a obtenção de Autorizações Específicas que necessitam de licenciamento ambiental para execução de obras rodoviárias.

Após a obtenção da autorização da supressão da vegetação e emissão do Termo de Compromisso de Recuperação Ambiental (TCRA), pode ser iniciada a supressão. Para a retirada do material lenhoso oriundo da supressão e destinação do mesmo deve-se obter o Documento de Origem Florestal (DOF).

Em abril de 2007 foi celebrado o Termo de Cooperação Técnica para a Gestão Florestal Compartilhada entre o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA e a SMA. A partir desta data, a SMA passou também a gerenciar a movimentação da madeira no estado de São Paulo.

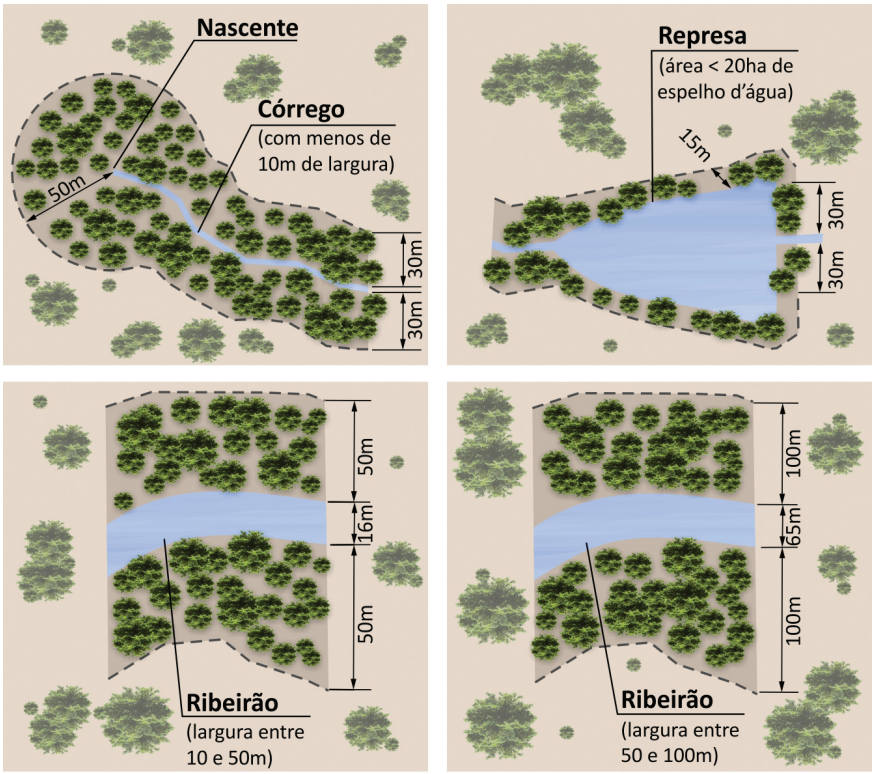
Corpos D'água e APP's

Para as intervenções em qualquer tipo de recurso hídrico é necessária a outorga junto ao Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE. O pedido de outorga deve caracterizar o tipo de intervenção que será realizada e apresentar toda a memória de cálculo hidrológico do projeto para o local. A elaboração do pedido de outorga deve atender as instruções técnicas, decretos, portarias e resoluções exigidos pelo DAEE em suas versões atualizadas, disponíveis no website www.daee.sp.gov.br. A documentação técnica necessária, como formulários e relatórios, deve ser elaborada e assinada por profissional habilitado: engenheiro civil, engenheiro agrônomo, engenheiro ambiental ou geólogo.

Deve-se realizar o levantamento dos corpos d'água interceptados pela estrada ou rodovia vicinal e daqueles que poderão sofrer interferência indireta, devido à declividade do terreno, drenagens naturais e projetadas que poderão influenciar na qualidade dos corpos d'água localizados fora da faixa de domínio, decorrentes de algum processo não controlado (ocorrência de erosões, deficiência ou ineficiência do sistema de drenagem superficial, vazamento de produtos perigosos etc.).

Também deverão ser identificadas intervenções em Áreas de Preservação Permanentes – APPs, áreas de abastecimento público, mananciais, sistemas de drenagem existentes etc., conforme os procedimentos definidos na IP-DE-S00/002 - Caracterização e Análise Ambiental Preliminar de Empreendimentos Rodoviários, do DER/SP.

As Resoluções nº 303 e 302 de 2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA dispõem sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente, em todo território nacional e de reservatórios artificiais, respectivamente. Atualmente, a CETESB vem adotando como critério para compensação ambiental o plantio de 1.667 mudas de espécies nativas por hectare de área a sofrer intervenção em APP.



Exemplo ilustrativo de Áreas de Preservação Permanente - APPs

Sistema de Drenagem

Deverá ser realizado o levantamento dos sistemas de drenagem existentes ao longo da estrada ou rodovia vicinal e análise da eficiência e das condições de funcionamento dos mesmos. Também deverão ser identificados os locais onde deverão ser instalados novos sistemas de drenagem para melhorar o sistema de escoamento superficial na estrada.

Infraestrutura

Deverá ser realizado um levantamento das interferências ocasiona-

das pelas obras da estrada ou rodovia no âmbito socioeconômico, como:

- edificações, habitadas ou não;
- equipamentos urbanos e/ou bens públicos (escolas, hospitais);
- sistemas viários (acesso às propriedades, outras rodovias);
- infraestruturas de saneamento (abastecimento de água, coleta e destinação de esgoto e resíduos sólidos, aterros sanitários);
- uso do solo no entorno da estrada e risco de vetores de expansão urbana;
- patrimônio histórico, cultural e arqueológico no eixo ou proximidades das intervenções.

O levantamento das informações descritas acima deverá seguir os procedimentos da IP-DE-S00/002 - Caracterização e Análise Ambiental Preliminar de Empreendimentos Rodoviários, do DER/SP.

Materiais

Na região onde se localizará a estrada ou rodovia vicinal, deverão ser levantadas as áreas de apoio às obras, como caixas de empréstimo, usinas de asfalto, canteiro de obras e alojamentos, caminhos de serviço, jazidas (mineração) etc.

As áreas de apoio que se localizarem fora da faixa de domínio da estrada ou rodovia vicinal deverão ser cadastradas de acordo com a Resolução SMA nº 30 de 21 de dezembro de 2000.

Os fornecedores de matéria-prima e materiais a serem utilizados pelas obras devem possuir as devidas licenças ambientais e autorizações de funcionamento. Também deverão ser priorizadas as empresas que possuem tecnologia limpa e sustentável como por exemplo, usinas de reciclagem de resíduos da construção civil, pavimentos alternativos, materiais alternativos para sistema de drenagem e controle de processos erosivos etc. que possibilitam a substituição

da matéria-prima tradicional e a redução da exploração de recursos naturais. Também é importante a opção por fornecedores que possuem certificação ambiental de instituições confiáveis, como forma de controle de qualidade de seus produtos.

Licenciamento Ambiental

De acordo com a Resolução CONAMA Nº 237 de 19 de dezembro de 1997, art. 1º, inciso I, Licenciamento Ambiental é definido como "*procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso*".

Portanto, qualquer empreendimento considerado potencialmente poluidor, como o caso das rodovias, necessita de licenciamento ambiental.

O Licenciamento Ambiental é dividido em três fases:

- **Licença Prévia – LP**: concedida na fase de planejamento do empreendimento ou atividade, e aprova a localização e a concepção do empreendimento, fixando as condições para sua viabilidade ambiental e definindo os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos no Plano Básico Ambiental e no Programa de Controle Ambiental do empreendimento para as fases de implantação e operação.

Obs.: É nesta etapa que o órgão ambiental pode exigir os estudos ambientais para avaliação do empreendimento. Caso isto ocorra, possivelmente haverá a realização de audiência pública, podendo advir complementações, as quais serão analisadas e aprovadas pelo órgão ambiental, que então emitirá a licença.

Quando houver necessidade de abertura de picadas pela elaboração de estudos e projetos, é obrigatória obtenção de autorização específica para supressão de vegetação no órgão ambiental competente.

- **Licença de Instalação – LI**: autoriza o início da construção ou a instalação dos equipamentos do empreendimento ou atividade, de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental. A LI será expedida após a verificação do atendimento dos requisitos, condicionantes e autorizações de órgãos ambientais específicos (CETESB e DAEE, entre outros) e do detalhamento das medidas, programas e projetos de prevenção, mitigação, controle e compensação ambiental que compõem o Plano Básico Ambiental – PBA do empreendimento.

Obs.: no caso de cortes de árvores e interferências em corpos d'água, mesmo de posse de licença de instalação, é necessária a autorização específica para supressão de vegetação e outorga, ambos emitidos pelos órgãos ambientais.

- **Licença de Operação – LO**: autoriza a operação da atividade ou empreendimento, após a verificação do efetivo cumprimento do que consta das licenças anteriores, com as medidas de controle ambiental e condicionantes determinados para a operação.

Obs.: Para restauração de uma rodovia é suficiente a obtenção da autorização ambiental específica, emitida pelo órgão ambiental competente.

Para entender melhor quem está envolvido no processo de licenciamento ambiental, são listados os seguintes agentes:

- **órgão ambiental**: responsável pelo controle dos recursos ambientais – que detém a competência de licenciar, fiscalizar, auditar e monitorar obras ou atividades.
- **Ministério Público**: promotoria e procuradoria com competência de fiscalizar a implantação do exercício da lei.
- **empreendedor**: é o interessado do poder público ou privado, que deve planejar, construir, operar e monitorar obras e atividades.
- **equipe multidisciplinar**: são técnicos representados pelo empreendedor ou consultores independentes, que têm a competência de elaborar os estudos ambientais, equipe essa excluída do poder público licenciador (enfatiza-se que deve haver sintonia entre empresa projetista e a consultora ambiental).
- **organizações não governamentais / ONG'S**: grupos sociais organizados com a finalidade de proteger ecossistemas, espécies da flora e fauna, sítios arqueológicos ou outros grupos de riqueza cultural, podendo denunciar as obras e/ou atividades que estejam sendo planejadas, implantadas ou operadas sem a devida conformidade legal.
- **população afetada**: diretamente ou indiretamente, são aqueles que se beneficiarão ou não da implantação de uma obra ou atividade.
- **instituições governamentais**: outros órgãos de governo que devem ser ouvidos, quando do planejamento ou construção de uma obra ou atividade, como institutos de pesquisas, conselhos de desenvolvimento regionais, órgãos federais, como o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA, Fundação Nacional do Índio – FUNAI e Instituto do Patrimônio Histórico e Arqueológico Nacional – IPHAN.

No Estado de São Paulo, o Licenciamento Ambiental está sob a responsabilidade da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB (Lei Estadual 13.542, de 08 de maio de 2009, que criou a nova CETESB, incorporando novas atribuições no processo de licenciamento ambiental do Estado). A partir de agosto de 2009, o empreendedor passou a ter apenas uma única porta de entrada para os pedidos de licenciamento ambiental, que eram anteriormente solicitados por quatro departamentos do Sistema Estadual de Meio Ambiente: o Departamento Estadual de Proteção dos Recursos Naturais - DEPRN, o Departamento de Uso do Solo Metropolitano - DUSM, o Departamento de Avaliação de Impacto Ambiental - DAIA e a própria CETESB.

A Resolução CONAMA Nº 33, de 10 de setembro de 2002 dispõe sobre a simplificação do licenciamento ambiental das intervenções destinadas à conservação, manutenção e pavimentação de estradas vicinais que se encontram em operação.

Os Procedimentos de Gestão Ambiental e Instruções de Projeto do DER/SP que se referem ao licenciamento ambiental de empreendimentos rodoviários estão definidos nos documentos descritos a seguir:

- PSGA-001 (Licenciamento Ambiental Simplificado);
- PSGA-002 (Licenciamento Ambiental Completo);
- IP-DE-S00/003 (Estudos Ambientais para Obtenção de Licença Ambiental Prévia);
- IP-DE-S00/004 (Plano Básico Ambiental para Licença Ambiental de Instalação);
- IP-DE-S00/007 (Obtenção de Autorizações Ambientais Específicas para Empreendimentos Rodoviários).

PROCEDIMENTOS AMBIENTAIS PARA A FASE DE PROJETO

Ao planejar ou projetar uma estrada ou rodovia vicinal, a equipe responsável deve estar consciente dos efeitos que a sua construção ou obras de melhorias e posterior operaçãopodem causar sobre o meio ambiente. As atividades de planejamento e projeto devem ser conduzidas com a qualidade desejada, de forma que seja considerada a minimização da ocorrência de impactos mais significativos ao meio ambiente, durante a implantação ou realização de obras de melhoria da rodovia.

A etapa de projeto tem como objetivo considerar os impactos ambientais, identificados no diagnóstico ambiental preliminar realizado na fase de planejamento, a serem gerados durante a fase construtiva e operacional e procurar desenvolver um projeto para a rodovia que possa evitá-los, contorná-los e minimizá-los. É importante que os impactos ambientais negativos, decorrentes de obras de construção, ampliação, restauração e de melhoria de estradas e rodovias vicinais, sejam identificados e avaliados e que medidas preventivas, destinadas a evitá-los, mitigá-los ou compensá-los sejam definidas, estudadas e incorporadas ao projeto.

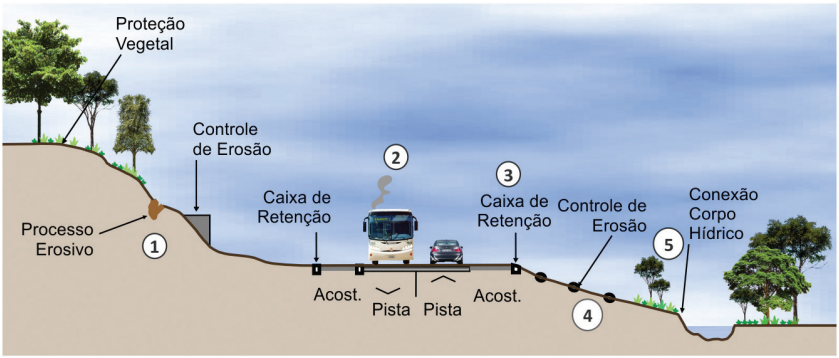
Assim, o conhecimento pelo projetista dos impactos de uma obra rodoviária irá gerar a proposição de medidas para evitá-los ou minimizá-los, e contribuirá para:

- evitar perdas ou modificação de projeto;
- evitar ou reduzir atritos com comunidades atingidas;
- tornar as medidas de mitigação menos onerosas;
- reduzir ações de correção posteriores à construção.

Análise e Consideração do Levantamento Ambiental Preliminar

Como mencionado anteriormente, a análise do levantamento ambiental preliminar auxiliará na adequação dos aspectos ambientais com o projeto da obra.

Na figura a seguir são ilustrados alguns impactos ambientais que podem existir durante as obras de uma estrada ou rodovia vicinal.



1
Erosão
Movimento de massa
Interferência no sistema viário

2
Emissão de fumaça
Material particulado
Ruído
Risco de acidentes
Vazamento de produtos perigosos
Resíduos sólidos

3
Erosão
Contaminação do solo e água
Assoreamento
Comprometimento da infraestrutura da rodovia

4
Erosão
Passivo ambiental
Degradação do solo
Assoreamento do corpo hídrico
Redução da capacidade hídrica
Soterramento de vegetação

5
Interferência na mata ciliar
Interferência no corpo hídrico
Esgotamento de nascentes

Contexto ambiental da rodovia em operação

A caracterização dos impactos de uma obra rodoviária contribuirá para a obtenção de projetos que, ao mesmo tempo em que atendam aos requisitos técnicos de engenharia, sejam também sincronizados com a proteção ao meio ambiente.

No entanto, deve ser observado que este procedimento não eli-

mina a geração de efeitos impactantes ocasionados durante construção e operação de uma rodovia. Este fato justifica a necessidade de estudos e projetos ambientais específicos, executados por técnicos especialistas que integrem as equipes de projetos rodoviários e que permitam a mitigação e compensação dos mesmos.

Compensação Ambiental

Em qualquer atividade que envolva a intervenção em áreas de preservação permanente – APP, supressão de vegetação nativa e/ou corte de árvores isoladas nativas deve ser realizada a compensação ambiental, visando atender os Termos de Compromisso de Recuperação Ambiental (TCRA) firmados entre empreendedor e o órgão licenciador. Os procedimentos para obtenção de autorização para intervenção em vegetação nativa e compensação ambiental devem seguir as instruções de projeto IP-DE-S00/007 - Obtenção de Autorizações Ambientais Específicas para Empreendimentos Rodoviários, do DER/SP.

Os procedimentos a serem adotados para elaboração de projetos e execução de plantio com mudas de essências florestais nativas e sua respectiva manutenção devem seguir as orientações da IP-DE-S00/005 - Plantio e Manutenção de Mudas de Essências Florestais Nativas e ET-DE-S00/004 - Plantio e Manutenção de Mudas de Essências Florestais, do DER/SP. Os critérios referentes à implantação de cerca em áreas destinadas aos plantios compensatórios estabelecidos entre o DER/SP e o órgão ambiental responsável, relacionados às medidas de compensação ambiental vinculadas às obras rodoviárias, devem seguir às orientações da ET-DE-S00/005 - Implantação de Cerca de Arame Liso.

Além do atendimento da legislação que estabelece a compensação ambiental por meio do plantio de árvores, o empreendedor

deve propor novas medidas que fomente a sustentabilidade da rodovia e que tenham duração de médio a longo prazo como, por exemplo: ações socioambientais com a população do entorno e usuários da estrada; tecnologias limpas, como a utilização de energia solar para iluminação de segurança em pontos de relevância patrimonial (pontos de ônibus, travessias de pedestre, áreas urbanas); aproveitamento de materiais recicláveis na sinalização da estrada (mourões, placas, torres de iluminação); uso de resíduos da construção civil na execução de pavimento etc.

Paisagismo

Para os projetos de paisagismo que visam a integrar a rodovia à paisagem, restabelecendo o equilíbrio entre a rodovia e o ambiente em que esta foi inserida, em função da operacionalidade da rodovia, de forma a transmitir conforto e segurança aos usuários, devem ser utilizadas as orientações da IP-DE-S00/001- Paisagismo. Esta IP define os critérios e padrões a serem adotados nos projetos de paisagismo para o DER/SP.

Recuperação de Passivos

Os passivos ambientais cadastrados na fase de planejamento devem ser detalhados em projetos de recuperação específicos e considerados na fase de obras da estrada ou rodovia vicinal.

Os cuidados com essas áreas são de suma importância para assegurar a estabilidade da rodovia e evitar danos às áreas do entorno, trabalhadores e usuários, tanto na fase de obras, como na operação da mesma.

No quadro seguinte são apresentados os exemplos de passivos ambientais mais comuns em estradas ou rodovias vicinais e as medidas de recuperação dos mesmos.

Exemplos de passivos ambientais ocorrentes em estradas ou rodovias vicinais

Passivo Ambiental	Medidas de recuperação
Erosão	Estabilização, por meio de controle do fluxo superficial de água (enxurrada) e recuperação do local por meio de aterramento e proteção superficial.
Escorregamento	Controle do fluxo superficial e subterrâneo de água e estabilização podendo utilizar-se de diferentes métodos, e proteção superficial.
Assoreamento	Desassoreamento, retirando o material por meio mecânico (retroescavadeira ou dragagem) ou manual; Proteção do sistema de drenagem na rodovia existente por meio de estruturas de contenção de sedimentos e manutenção periódica; Recuperação de matas ciliares.
Contaminação do solo e/ou das águas subterrâneas	- Diagnóstico de detalhe; - Ligar imediatamente para a CETESB 0800 113560; - Remediação do local contaminado conforme previsto no Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas (CETESB, 2001).
Ocorrência de enchentes	Análise e redimensionamento do sistema de drenagem.
Invasão da faixa de domínio	- Reassentamento da população; - Trabalho de comunicação e de assistência social para o reassentamento da população.

No item de Conservação de Estradas estão detalhados os procedimentos de recuperação dos passivos ambientais apresentados no quadro acima.

Avaliação do Sistema de Drenagem Proposto

A projeção e o dimensionamento do sistema de drenagem de uma estrada ou rodovias vicinal dependem das condições do meio físico em que a mesma está inserida. Nos locais onde são identificados pontos de maior suscetibilidade a ocorrências de erosão, os sistemas de drenagem devem ser dimensionados de forma que se evite a formação de processos erosivos e, consequentemente, danos à infraestrutura da estrada e demais áreas do entorno e interferências com a segurança dos usuários da via.

Nas áreas mais íngremes, deve ser estudado o prolongamento do sistema de drenagem até os talvegues estabilizados, com utilização de dissipadores de energia de modo a evitar danos aos corpos d'água e demais áreas que estiverem localizadas fora da faixa de domínio.

Materiais

A fase de projeto deve considerar a utilização de materiais alternativos e que a sua produção e utilização gere o menor impacto ambiental possível.

Desta forma, deve-se realizar o levantamento de tecnologias limpas a serem utilizadas na obra como, por exemplo: usinas de reciclagem de resíduos da construção civil disponíveis na região; utilização de peças pré-moldadas para os sistemas de drenagem, evitando a geração de resíduos perigosos; pavimento de asfalto borracha (pneus reciclados); mourões para cercas e sinalização de plástico madeira (plástico reciclado).

Sinalização ambiental educativa

Sinalização

As estradas ou rodovias vicinais geralmente estão inseridas em áreas que apresentam um ambiente natural mais preservado nos quais os serviços ambientais encontram-se ativos,

como Unidades de Conservação e Áreas de Proteção e Recuperação de Mananciais, Reservas Legais etc. É importante que, ao longo das estradas ou rodovias vicinais, além da sinalização de segurança, seja implantada sinalização ambiental, de modo a alertar os usuários por estarem cruzando essas áreas sensíveis. A identificação destas áreas também pode colaborar no atendimento de emergência, no caso de eventuais acidentes com produtos perigosos, pois o reconhecimento de uma bacia hidrográfica de abastecimento público pode exigir ações com técnicas mais apuradas de remediação.

Além disso, os municípios devem implantar sinalização para a educação ambiental, como uma forma de sensibilizar a população quanto à preservação do meio ambiente, conscientizar sobre a limpeza da rodovia, evitar incêndios, proteger a fauna etc. Podem ser implantadas placas com orientação simples, como: PRESERVE O MEIO AMBIENTE; NÃO JOGUE LIXO NA RODOVIA; NÃO JOGUE CIGARRO NA RODOVIA: RISCO DE INCÊNCIO etc.

PROCEDIMENTOS AMBIENTAIS PARA A FASE DE CONSTRUÇÃO

A fase de implantação ou obras de melhorias de uma estrada ou rodovia vicinal, mesmo de caráter temporário, pode ocasionar impactos ambientais negativos se medidas de controle não forem adotadas. Para que seja realizado o controle ambiental na fase de obras, o empreendimento deverá conter em seu Sistema de Gestão Ambiental atividades de **Supervisão Ambiental**, visando, além do controle ambiental, a aplicação de boas práticas de proteção do ambiente e a execução de medidas mitigadoras de impactos decorrentes da obra.

O acompanhamento das atividades de obra tem a função de inserir a equipe responsável pela supervisão ambiental no contexto geral da obra, de modo que esta venha a contribuir continuamente com a construtora, auxiliando na definição de soluções técnicas adequadas para as situações de impactos ambientais não previstos que possam acontecer ao longo do processo de implantação. A Supervisão Ambiental tem caráter preventivo e uma ação pró-ativa de antecipação de problemas.

Os serviços de supervisão ambiental poderão ser realizados diretamente pelas equipes do empreendedor ou por supervisora ambiental especialmente contratada pelo mesmo. São partes integrantes das atividades de supervisão o planejamento e o treinamento prévio da equipe de supervisão ambiental.

No Brasil, as primeiras atividades de supervisão ambiental desenvolvidas em obras públicas rodoviárias apresentavam uma atuação bastante limitada, em que basicamente verificava-se o cumprimento legal e normativo das obras, como as exigências e condicionantes estabelecidas nas autorizações e licenças ambientais. Porém, com o tempo o papel da supervisão ambiental em empreendimentos rodoviários passou a ser muito mais abrangente e visa a acompanhar os procedimentos construtivos, verificando a implantação das ferramentas necessárias para evitar degradações ao meio ambiente.

Todavia, a supervisão ambiental, embora caracterizada como instrumento valioso à obtenção de resultados positivos quanto aos ganhos socioambientais, por si só não permite avaliar estes ganhos. A Avaliação de Desempenho Ambiental – ADA, por meio de critérios pré-definidos e uma análise crítica, permite aferir os pontos positivos e negativos dos resultados da aplicação das práticas de planejamento, técnicas construtivas e atividades de manutenção

de empreendimentos rodoviários mediante comparação com os requisitos ou condições estabelecidos para cada obra por um período previamente definido.

Em obras rodoviárias as atividades de supervisão ambiental e a avaliação de desempenho ambiental permitem a análise e verificação dos procedimentos e medidas corretivas e de controle ambiental, de forma tal que possibilite identificar as falhas, os erros e acertos durante todo o período de obra, aumentando a eficiência e efetividade das construtoras e, consequentemente, do seu desempenho ambiental.

Para a ADA devem ser propostos indicadores de desempenho ambiental que, acompanhados de forma contínua, ofereçam subsídios para verificar se o desempenho ambiental das obras está de acordo com os requisitos aplicáveis.

Os procedimentos a serem adotados na execução dos Serviços de Supervisão Ambiental de Obra estão definidos na Especificação Técnica ET-DE-S00/002 - Supervisão Ambiental de Empreendimentos Rodoviários.

A ET-DE-S00/001 - Controle Ambiental de Obras Rodoviárias, também apresenta orientações para a adoção de boas práticas ambientais para execução de obras rodoviárias administradas pelo DER/SP.

OBRAS COMPLEMENTARES

Sob o título acima estão incluídas as defensas, as cercas (inclusive porteiras e mata-burros) e a sinalização.

NOÇÕES PRELIMINARES

As obras complementares são importantes para o bom funcionamento da estrada ou rodovia, principalmente quanto à segurança dos usuários.

Observações sobre os materiais empregados para cada um dos tipos de obras complementares são apresentados a seguir.

MATERIAIS

Cercas

Os elementos usualmente empregados na construção das cercas são os mourões de suporte, os mourões esticadores e o arame farpado.

Os mourões podem ser de madeira ou de concreto armado.

Quando forem utilizados mourões de madeira é recomendável empregar madeira de lei (com tratamento preservativo de óleo de creosoto na parte que ficará enterrada) ou então eucalipto imunizado em autoclave por preservativo hidrossolúvel.

Em qualquer caso, os mourões devem ser chanfrados no topo e aparados na base, sem fendas, retos, e apresentar-se com diâmetro médio da ordem de 10 cm.

Os mourões de concreto mais comuns são os de seção triangular, equilateral, com aproximadamente 10 cm de lado para os de suportes e 15 cm para os esticadores. Os mourões de suporte são armados com 3 ferros de 3/16" com estribos a cada 30 cm de arame liso n° 14. Já os esticadores são armados com 3 ferros de 1/4" com estribos de 3/16" a cada 30 cm.

O arame farpado deve ser de 3 farpas e composto por dois fios de arame galvanizado n° 14.

As porteiras e mata-burros são feitos com madeira de lei, recomendando-se o tratamento preservativo das mesmas com óleo de creosoto.

Defensas

As defensas podem ser feitas utilizando-se postes de madeira aos quais são fixadas as guias de deslizamento, constituídas por perfis metálicos galvanizados.

Quando as guias são fixadas diretamente nos postes de madeira a defensa é chamada "semirrígida" e sua utilidade é bem menor do que a das "semimaleáveis" nas quais a fixação aos postes é feita com espaçadores e calços metálicos.

Quanto às barreiras, são feitas de concreto armado, moldado no local, constituindo-se numa viga contínua. Sua seção transversal é normalmente de tipos já consagrados pela experiência, conhecidos como "General Motors" ou "New Jersey".

As especificações relativas às defensas, inclusive quanto aos materiais empregados encontram-se normalizadas pela ABNT, através da Norma Brasileira de Defensas e Barreira (NB-285) e Especificação Brasileira de Defensas (EB-786).

As defensas, em razão de seus custos elevados muito raramente são usadas em vicinais.

Sinalização

Os materiais de sinalização empregados comumente são os seguintes:

- tinta refletida acrílica, com microesferas de vidro "drop-on", para sinalização horizontal;
- chapas de aço "1010", lisas, protegidas com esmalte sintético,

dotadas de películas refletidas, tipo "scotchlite", para sinalização vertical;
- suportes de madeira de seção 10 x 10 cm.

Os suportes da sinalização vertical deverão ser executados em madeira de lei e receber tratamento preservativo na base, com óleo de creosoto, até 0,70 m de altura. Podem também ser utilizados suportes metálicos protegidos com tinta anticorrosiva.

PROJETO

As observações a seguir se referem às obras complementares.

Cercas

Ao contrário do que ocorre com as rodovias da rede principal, nas estradas ou rodovias vicinais as cercas existentes são aquelas instaladas pelos proprietários dos terrenos situados ao longo da estrada. Apenas, em alguns casos, há necessidade de reconstrução das cercas pré-existentes para adequá-las à nova situação.

O mesmo ocorre com as porteiras e mata-burros, que são normalmente construídos e conservados pelos proprietários lindeiros, nos acessos às suas propriedades.

Defensas

As defensas podem ser flexíveis (em geral de chapas galvanizadas) ou rígidas (de concreto armado). Neste último caso são normalmente chamadas de barreiras.

Para as vicinais são indicadas nos seguintes casos:
- junto a obras-de-arte;
- acompanhando o acostamento, nos aterros altos;
- nas curvas perigosas;
- nos trechos que margeiam rios, lagos, valas etc.

Devido à própria exigência de baixo custo nas estradas vicinais, costuma-se limitar ao mínimo a utilização de defensas, que são bastante caras. Ocorre também que devido às mesmas limitações econômicas, raramente se encontram aterros altos, que requeiram o emprego de defensas.

Em consequência, nas vicinais, em geral só se utilizam pequenas extensões de defensas na entrada das obras-de-arte, principalmente naquelas de largura inferior à da plataforma.

Os critérios para a instalação de defensas e barreiras são objeto de normas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas).

Sinalização

A sinalização de trânsito é definida pelo CONTRAN - Conselho Nacional de Trânsito, sendo classificada em dois grupos: sinalização vertical e sinalização horizontal.

A sinalização vertical é feita por meio de placas, enquanto a sinalização horizontal é feita, principalmente, por meio da pintura de linhas e de símbolos no pavimento.

O DER/SP dispõe de um completo Manual de Sinalização Rodoviária, cujos pontos principais aplicáveis às vicinais são resumidamente apresentados a seguir.

No Volume III são encontrados, no Anexo 9, com mais detalhes, as normas e padrões aplicáveis à sinalização. Entretanto, para a elaboração de um projeto adequado é indispensável a consulta ao "Manual de Sinalização Rodoviária", do DER/SP.

Linhas de borda e centro

Sinalização horizontal

A sinalização horizontal consiste na pintura, sobre o pavimento, de linhas demarcatórias de faixas de tráfego, além de alguns símbolos específicos.

Todos os símbolos são brancos. As linhas demarcatórias de faixas podem ser amarelas ou brancas: as amarelas separam fluxos em sentidos opostos, enquanto as brancas separam fluxos de mesmo sentido.

As linhas podem ser duplas ou simples, contínuas ou interrompidas, conforme o grau de proibição de sua transposição: as duplas e as simples contínuas não devem ser transpostas, enquanto que as interrompidas podem.

Sinalização vertical

Existem três tipos de placas de trânsito: advertência, regulamentação e indicação, cada uma com características próprias de formato, cor e função.

A placa de advertência chama a atenção para uma condição de perigo na pista, alertando o motorista para tomar cuidado com: curva fechada, ponte estreita, lombada, cruzamento, travessia de pedestres etc.

A placa de regulamentação dá a norma de comportamento que o motorista deve seguir no trecho, avisando, por exemplo, quanto às seguintes regulamentações: velocidade máxima permitida, tonelagem máxima permitida, estacionamento proibido, proibido ultrapassagem, proibido dobrar à direita etc.

A placa de indicação tem a finalidade de orientar o motorista, mostrando destinos, postos de abastecimento, e outros tópicos de interesse para o mesmo.

CONSTRUÇÃO

Cercas

As recomendações a seguir correspondem às cercas padrão do DER/SP.

Os mourões e esticadores, quando de madeira, deverão ter sua extremidade exposta chanfrada. Os mourões de madeira deverão ter o comprimento médio de 2,20 m e diâmetro médio de 15 cm e serão espaçados de 2,50 m e enterrados a 50 cm.

Os esticadores de madeira terão o diâmetro médio de 20 cm e comprimento de 2,80 m; serão espaçados de 50,0 m e enterrados 1,10 m.

Nas mudanças de direção, tanto em planta como em perfil, também deverão ser colocados esticadores.

Serão usados 4 fios de arame farpado, espaçados 40 cm a partir de10 cm da extremidade superior do poste.

Os mourões de concreto armado terão a forma de prisma com a seção triangular equilateral com aproximadamente 10 cm de lado. Serão espaçados de 3,00 m e enterrados 50 cm.

Os esticadores de concreto armado terão a forma prismática com seção triangular equilateral da ordem de 15 cm. Serão espaçados de 48 m e enterrados 50 cm. Deverão ser escorados na ocasião do esticamento dos fios.

Os fios de arame farpado serão colocados como no caso do emprego de mourões e esticadores de madeira.

Defensas

As defensas devem acompanhar o alinhamento e o greide. Para evitar choque frontal do veículo com o início da defensa, deve-se implantá-la mais afastada da borda e enterrá-la.

Os postes, quando de concreto armado, serão assentados em furos abertos com escavadeiras; quando metálicos serão cravados, com equipamento especial.

Sinalização

Os procedimentos para a execução da sinalização resumem-se à implantação dos dispositivos de sinalização vertical e horizontal de acordo com o projeto.

A pintura das faixas no eixo e nos bordos do pavimento é facilitada com o emprego de máquina. Entretanto, sua aquisição só se justifica quando a rede pavimentada a ser sinalizada for de extensão bastante considerável.

Normalmente este serviço é contratado com terceiros.

A pintura da sinalização horizontal deverá ser feita por turmas treinadas especialmente para essa atividade, sendo iniciada com a marcação de pontos suficientemente próximos para a orientação do operador do equipamento mecanizado, ou do encarregado da turma quando o serviço for executado manualmente.

CONTROLES DE EXECUÇÃO

Os materiais a serem empregados nas obras complementares devem ser inspecionados ao chegarem no local de aplicação ou mesmo durante sua preparação, como é o caso, por exemplo, dos mourões de concreto.

O controle de execução das cercas tem início com a verificação topográfica prévia da localização das mesmas, que deve acompanhar os limites da faixa de domínio.

A seguir, deve ser verificado, por inspeção visual e medidas simples, se os espaçamentos entre mourões de suporte e esticadores estão dentro das especificações, se os mourões estão bem alinhados e aprumados e se sua fixação no terreno está satisfatória.

No controle de execução das defensas, deve-se verificar, por inspeção visual, se os suportes estão corretamente alinhados e espaçados, de conformidade com o comprimento da chapa, e se a fixação dos suportes no terreno e das chapas nos suportes está feita a contento.

Deve-se também verificar se as operações de transporte e implantação das chapas das defensas não ocasionaram a remoção da pintura protetora, diligenciando para que os retoques eventualmente necessários sejam executados.

Quanto à sinalização, o controle também é, basicamente, efetivado por inspeção visual.

Quanto à sinalização vertical, o controle deve consistir na verificação do posicionamento e da cravação dos postes de sinais, dos balizadores e dos marcos quilométricos.

ADEQUAÇÃO DE ESTRADAS RURAIS

As estradas rurais constituem-se em importante componente da infraestrutura rodoviária para prover uma determinada localidade de um fluxo regular de mercadorias e serviços, permitindo o desenvolvimento das comunidades na qual elas se inserem de maneira a contribuir na melhoria de sua qualidade de vida. Desta forma, essas estradas devem ser construídas adequadamente, de acordo com normas específicas, de forma que possam atender às necessidades a curto e a longo prazo das comunidades atingidas, bem como as de seus usuários. Sendo este o objetivo principal, tais estradas devem ser construídas / melhoradas de maneira a provocar o menor impacto ao meio ambiente, com o menor custo possível.

Geralmente, a grande maioria das estradas situadas nas zonas rurais foi aberta de forma inadequada pelos colonizadores, que se orientaram basicamente pela estrutura fundiária e pelas facilidades do terreno, o que favorece, em períodos chuvosos, o desenvolvimento de processos erosivos extremamente prejudiciais à pista de rolamento, às áreas marginais e à sua plataforma como um todo.

As estradas rurais, construídas desta forma, sem qualquer técnica, elevam o custo de sua manutenção e de sua execução, além de onerar em sobremaneira os municípios, induzem as lideranças políticas locais à aquisição, cada vez maior, de máquinas/equipamentos para atender aos problemas de manutenção.

No âmbito das ações do Programa Estadual de Microbacias Hidrográficas (PEMH), os seus executores defrontam-se também com a impossibilidade da aplicação de recursos do Programa nas vias de acesso dentro das propriedades rurais, que continuam recebendo e drenando inadequadamente significativos volumes de águas que

são direcionadas para outras propriedades e/ou estradas, acelerando o processo de degradação do meio ambiente.

Assim, ao se implementar projetos de adequação que objetivem realizar melhorias em estradas rurais, devem ser levados em consideração os parâmetros técnicos, socioeconômicos, e suas implicações com os aspectos ambientais, prevendo sua integração com práticas de manejo e uso dos solos das áreas marginais. Desta forma, os projetos devem considerar:

- estradas rurais devem ser dimensionadas e configuradas de tal forma que atendam em longo prazo às demandas de tráfego e possibilitem o acesso às áreas cultivadas nas diversas estações do ano, sob as mais adversas condições climáticas;
- estradas rurais são parte do meio rural e para serem integradas à paisagem devem ser observados requisitos de preservação ambiental, bem como de proteção e condução adequada das águas.

A execução de melhoramentos que objetivem a adequação de estradas rurais, implementada sob diretrizes que contemplem de forma eficaz o controle da erosão, utilizando-se de técnicas construtivas simples e executadas de forma integrada, que compatibilizem as particularidades regionais e os recursos financeiros disponíveis, reduzirá drasticamente as necessidades de intervenções futuras, o que representará substancial economia aos municípios e preservação do meio ambiente.

ASPECTOS A CONSIDERAR NO TRAÇADO DE ESTRADAS RURAIS

Uma estrada pode influenciar o meio ambiente no seu entorno, das mais variadas formas. Quando as condições naturais são modificadas pela construção de uma estrada, tem-se aí o início de uma

corrida entre o aparecimento de erosão e o crescimento de vegetação. As estradas frequentemente interferem nos padrões naturais de drenagem e tendem a promover a concentração das águas de vários modos. A superfície compactada da pista restringe a infiltração da água, levando a um aumento das taxas de escorrimento superficial. Os cortes destinados à conformação do gabarito da plataforma e as movimentações de terra subsequentes podem restringir ou modificar o fluxo das águas superficiais ou subterrâneas.

As áreas de corte e o corpo dos aterros estão sujeitos a intempéries e suas superfícies expostas aos processos erosivos. Os traçados das estradas consomem recursos naturais, podem ser agentes causadores de poluição ou ainda acelerar o processo de ocupação desordenada de terras, promovendo fortes impactos do ponto de vista social. Podem ainda encorajar queimadas e desmatamento, que fatalmente podem conduzir a processos erosivos de encostas não cobertas por vegetação.

Relocação de Traçados de Estradas Rurais

Para se evitar maiores danos ao meio ambiente, recomenda-se a adequação de estradas rurais ao longo de seu leito original. No entanto, em casos especiais – conforme descrito a seguir, a relocação do traçado no todo ou parte é indicada. Importante salientar que nestes casos o leito original deverá ser recuperado.

- quando as áreas de solo são excessivamente suscetíveis à erosão;
- quando o custo de adequação do leito original for mais oneroso que desenvolvê-lo em novo traçado;
- quando a relocação da estrada em novo traçado, além de mais econômica que a manutenção em seu traçado original for de fácil execução e de interesse de todos os produtores rurais diretamente beneficiados com a estrada;
- existência de obras/edificações muito próximas da estrada.

Em projetos que vislumbrem melhoramentos importantes em estradas, na opção pelo desenvolvimento parcial de novo traçado, precisam ser utilizadas normas apropriadas quanto ao projeto, as quais devem abordar fundamentalmente os aspectos relativos à drenagem e ao controle da erosão no seu entorno, entre outros, ou seja, é importante salientar que as estradas devem ser construídas sob normas mínimas, com padrões de especificações que atendam a seus principais objetivos sociais e econômicos.

Assim, ao utilizar-se de normas altas no projeto de uma estrada rural, deve-se considerar que haverá custos de construção e manutenção elevados, na mesma proporção que os impactos ambientais. Por outro lado, uma estrada rural com baixíssimo volume de tráfego, requer a aplicação de normas baixas, e dessa forma apresentará baixo nível de impactos ambientais, uma vez que seu traçado não sofrerá intervenções de greide tão radicais. Assim, na fase de planejamento para implantação de novos traçados, vários fatores devem ser considerados, entre eles:

- demandas a que devem atender os objetivos e as prioridades do projeto;
- composição do tráfego e tipo de veículos que potencialmente vão utilizar-se da via;
- traçado, no contexto geral da malha viária do município;
- impactos ambientais.

Parâmetros a Serem Considerados ao se Desenvolver Novos Traçados

A localização da estrada deve incluir estudos baseados em mapas e outras informações disponíveis, e incluir rotas alternativas, evitando terrenos difíceis, minimizando a passagem sobre as áreas problemáticas.

O reconhecimento de campo é muito importante para que se verifiquem as condições atuais do terreno, examinem áreas úmidas ou instáveis, cortes pronunciados etc. Estudos de solos e de rochas devem ser feitos tendo em vista seu efeito sobre custos com escavação e construção. Nesta fase, podem também ser identificadas fontes de materiais de empréstimo. Dois fatores muito importantes na localização das estradas rurais devem ser considerados:

- os traçados devem ser desenvolvidos o mais próximo possível dos divisores de água, onde as pendentes e a drenagem são mínimas;
- o greide das estradas deve, sempre que possível, ser mantido o mais próximo da superfície das áreas marginais.

Geometria dos Traçados

Os traçados de estradas rurais devem se desenvolver em tangentes e curvas circulares, não sendo necessárias curvas de transição.

Os raios das curvas devem ser ajustados de acordo com as particularidades do terreno, do comprimento do veículo e da velocidade de deslocamento, devendo ser maiores quanto menores forem as mudanças de direção.

Como diretriz, recomenda-se um raio mínimo da ordem de 30,0 m, podendo, em casos excepcionais como o de retorno, serem utilizados raios de até 15,0 m ou 10,0 m. Entre duas curvas reversas deve ser inserida uma tangente intermediária de pelo menos 15,0 m para que se consiga na área de giro da plataforma um deslocamento seguro dos veículos.

Serviços de Adequação de Estradas Rurais

Melhorias da plataforma

Neste grupo de serviços estão inclusas todas as atividades liga-

das à terraplenagem da plataforma. Consiste na execução de uma série de serviços destinados a promover melhoramentos e elevar o padrão das estradas rurais, principalmente no que tange ao seu enquadramento em parâmetros mínimos quanto ao gabarito da seção transversal e ao desenvolvimento de um greide compatível com o nível de investimento pretendido pelo projeto de adequação.

Quando houver a necessidade de recomposição de trechos situados em áreas úmidas, recomendam-se dois tipos de intervenção:

- elevação do greide da pista com materiais selecionados;
- remoção de parte do material do subleito da pista e substituição por solos de melhores características de suporte.

Serviços de drenagem

Um adequado sistema de drenagem constitui-se no aspecto tão ou mais importante do projeto de adequação de estradas rurais do que a própria implantação do tratamento primário na pista de rolamento. Uma estrada rural revestida e não contemplada com a devida implantação de adequados dispositivos de drenagem estará com sua plataforma seriamente comprometida, na primeira chuva que ocorrer.

Devem ser considerados fatores climatológicos, topográficos, geológicos e o tipo de solo, uma vez que a suscetibilidade à erosão das áreas atingidas pelo traçado da estrada determina as diretrizes que devem ser tomadas para a adoção de dispositivos tecnicamente eficientes e a um custo relativamente baixo. As águas inadequadamente conduzidas afetam a capacidade de uso da via. Quando a água permanece na superfície de rolamento, sob a ação do tráfego, surgirão depressões e trilhamentos e há possibilidade, ainda, de causar erosões e rompimento das bordas da estrada.

Drenagem superficial

Esses serviços se aplicam à construção de dispositivos para escoamento das águas superficiais, conduzindo-as para locais de drenagem natural. São elas:

- bigodes/segmentos de terraço (sandradouro);
- sarjetas;
- leiras;
- dissipadores de energia;
- valas de escoamento;
- proteção das saídas de água de bueiros;
- enrocamento de pedra arrumada;
- enrocamento de pedra jogada;
- valetas de proteção de crista de corte e pé de aterro;
- caixas coletoras.

Drenagem corrente

– Construção de bueiros

Os bueiros são dispositivos destinados a conduzir as águas de um talvegue natural ou artificial, de um lado para o outro da rodovia (bueiro de grota), ou proporcionar a passagem das águas coletadas pelas sarjetas ou outros dispositivos de drenagem em plataformas encaixadas para os pontos convenientes de descarga (bueiros de greide).

No que tange aos dispositivos a serem adotados para a drenagem corrente destinada às obras de adequação de estradas rurais, os mesmos vão se restringir à execução de bueiros tubulares de concreto, simples ou armados.

Drenagem profunda

O objetivo principal da drenagem profunda é a obtenção de uma fundação seca para as estradas.

A drenagem profunda constitui-se de valas, preenchidas por um ou mais materiais, com permeabilidade bem maior que a do material trabalhado, cuja função é a de recolher as águas que se infiltram no corpo do pavimento e conduzí-las para fora da plataforma da estrada.

Dispositivos especiais de drenagem

O principais dispositivos especiais de drenagem são:

- caixas de retenção;
- passagem molhada;
- canais escoadouros (desviadores de fluxo ou lombadas).

Revestimentos

Por mais eficazes e bem executadas que sejam as obras destinadas a promover a drenagem superficial da pista de rolamento, elas nem sempre solucionam todos os problemas de trafegabilidade que podem ocorrer nas estradas não pavimentadas. Mesmo com a drenagem funcionando a contento, alguns trechos da pista podem apresentar problemas quanto à capacidade de suporte ou se tornarem escorregadios sob condições de chuva, ou quando os materiais de subleito se apresentarem com elevados teores de argila. Para esses casos, sugere-se a execução de revestimentos que podem ser:

- revestimento primário (tradicional);
- revestimento alternativo;
- revestimento estabilizado;
- utilização de produtos de demolição da construção civil (entulhos);
- pavimentação em concreto de cimento tipo portland;
- aditivos químicos;
- utilização de materiais oriundos de fresagem de camadas asfálticas;
- agulhamento.

Proteção vegetal

É notório que as plantas permitem o escoamento das águas das estradas atenuando o processo erosivo. As obras/dispositivos de engenharia que devem ser complementadas com práticas de proteção vegetal são: revestimento de taludes, faixas laterais, valetas, bueiros, sarjetas, aterros de pontes etc.

A vegetação rasteira diminui o impacto das gotas de chuva, protegendo a superfície do solo contra os efeitos nocivos do escorrimento superficial. Árvores dispostas na base das encostas funcionam como estruturas de suporte, enquanto seu sistema radicular protege o solo, aumentando sua resistência à erosão.

Além das inúmeras vantagens na adoção de técnicas de proteção vegetal nas obras rodoviárias, podemos citar alguns benefícios:

- os custos são baixos, especialmente a longo prazo;
- os custos inicias para atividades desta natureza, bem como os relativos ao recrutamento e treinamento de mão de obra, são comparativamente mais baixos do que aqueles oriundos da execução de determinadas estruturas civis destinadas à contenção de erosões;
- em muitas regiões a mão de obra é barata e disponível;
- a compatibilidade com o meio ambiente, em termos de conservação de biodiversidade, integridade ecológica e beleza do cenário, é uma consequência da proteção vegetal;
- a implantação de técnicas de proteção vegetal junto às obras/dispositivos pode ser uma interessante alternativa de envolvimento e conscientização dos produtores rurais que residem no entorno das estradas rurais alvos de melhoramento.

Alguns aspectos devem ser considerados nos projetos de proteção vegetal, como por exemplo:

- tipo de vegetação;
- seleção de espécies;
- tipos de materiais a serem utilizados;
- locais de emprego (áreas de declividade acentuada ou de pequena declividade).

Para as obras de adequação sugere-se o emprego dos seguintes tipos proteção vegetal:

- placas de grama ou leivas;
- hidrossemeadura;
- plantio de espécies arbustivos (o capim-limão pode ser plantando em sarjetas e canaletas, como proteção aos bordos de pista de rolamento; em dissipadores de energia; em caixas de retenção e em leiras);
- plantio de espécies arbóreas;
- plantio de culturas perenes e semiperenes.

Detalhamentos mais específicos para os serviços de adequação das rodovias vicinais com características de estradas rurais poderão ser utilizadas, no que couber, principalmente às recomendações de drenagem estabelecidas no Manual Técnico (manual CATI nº 77) - "Adequação de Estradas Rurais" do PEMH-Programa Estadual de Microbacias Hidrográficas, da Coordenadoria de Assistência Técnica Integral – CATI, da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Governo do Estado de São Paulo, além de outros manuais específicos de estradas rurais.

MELHORAMENTOS DE TRECHOS EXISTENTES

DIRETRIZES GERAIS

Sempre que possível, devem ser feitos melhoramentos nas vias existentes, visando remover pontos críticos que impeçam o fluxo contínuo e seguro do tráfego.

Haverá casos onde é desejável, do ponto de vista econômico, restaurar uma rodovia existente aproveitando ao máximo o traçado original. Outros, nos quais se justifica executar melhorias de maior vulto, tendo em vista o aumento de sua capacidade e/ou segurança.

O Manual de Rodovias Vicinais do BIRD-BNDES-DNER estabelece valores mínimos para as características técnicas, que deverão ser respeitados, sempre que possível.

Os principais parâmetros são indicados a seguir.

CORREÇÃO DA GEOMETRIA

Deve-se procurar um alinhamento, tanto em planta como em perfil, que melhore a geometria da via.

Alargamento da Plataforma

Quando a plataforma estiver com largura menor que 8,00 m, deverá ser alargada.

No caso da largura ser irregular, deve-se uniformizá-la.

Melhoria de Curva

As curvas com raio menor que 30,0 m deverão ser ampliadas, e aquelas com raio menor que 350,0 m devem ter transição em espiral, entre a tangente e a curva circular.

Melhoria em Perfil

A rampa máxima será de 10% nas estradas com revestimento primário, e 9% nas pavimentadas.

Tratamento das Interseções e Acessos

Para as interseções e acessos valem as informações prestadas para a implantação de trechos novos.

MELHORAMENTOS DA SUPERFÍCIE DE ROLAMENTO

A execução de um revestimento primário ou a pavimentação de uma estrada, constitui um melhoramento eficiente da superfície de rolamento.

Sobre a pavimentação da estrada, no capítulo próprio, já foram dadas algumas informações. Abordaremos aqui o revestimento primário.

Revestimento Primário

O revestimento primário de uma estrada de terra consiste no recobrimento da plataforma, em toda sua largura, por uma camada de solo estabilizado, destinada a oferecer uma superfície de rolamento de melhor qualidade que aquela propiciada pelo solo natural.

Os materiais empregados devem atender as condições de granulometria e índices físicos específicos. Estes aspectos estão indicados no Volume III.

Muitas vezes, mesmo sem atender a todas as condições das especificações, alguns solos, tais como os lateríticos, são empregados com bons resultados. Prevalecerá aí a experiência local, em cada caso.

Embora não constitua um pavimento, o revestimento primário representa uma grande melhoria para os usuários das estradas de

terra, assegurando melhores condições de tráfego, a um custo muito inferior ao da pavimentação propriamente dita.

Nos solos empregados distinguem-se a fração granular, correspondendo aos materiais retidos na peneira nº 200 (abertura de 0,075 mm); e os finos, correspondendo aos materiais que passam na referida peneira.

A fração granular dos solos pode ser integralmente utilizada nos revestimentos primários, exceção feita aos flocos de mica.

Quanto aos finos, compostos principalmente por silte e argila, devemos nos lembrar de que são os responsáveis pela lama que se forma na presença d'água, mas por outro lado são os que propiciam a coesão do revestimento primário. Assim, é necessário que estejam presentes no revestimento, mas em porcentagem relativamente pequena.

Misturas destinadas a um revestimento primário podem conter uma maior porcentagem de argila, relativamente a outras destinadas a bases e sub-bases.

Os equipamentos normalmente empregados na construção do revestimento primário são os seguintes:

- tratores de esteira;
- pás carregadeiras;
- caminhões basculantes;
- motoniveladora com escarificador;
- rolo compressor de pneus, pés de carneiro, liso etc.;
- pulvi-misturador de solos com o respectivo trator, quando necessária mistura de solo no local;
- irrigadeira com barra distribuidora.

O procedimento executivo a ser adotado deve levar em consideração o que segue:

- deverá ser executado inicialmente o preparo ou a melhoria do subleito, conforme já visto anteriormente;

- a camada do revestimento deverá abranger a pista e os acostamentos ou faixas de segurança;
- deverá ter uma espessura uniforme da ordem de 20 cm.

O caso mais simples se refere ao emprego de material de uma única jazida. Em outras circunstâncias, é necessário misturar materiais de mais de uma jazida ou de uma jazida com o solo local.

A mistura do material poderá ser feita no local, ou seja, na estrada, ou em usina. Quando na estrada, pelo pulvi-misturador.

O material transportado é depositado na pista e espalhado por motoniveladora. A seguir, deverá ser feito o umedecimento até que seja atingido o teor ótimo de umidade. O pulvi-misturador fará a mistura até a perfeita homogeneização. Caso contrário poderá causar o aparecimento de ondulações perpendiculares ao eixo.

Quando for necessária a mistura de solos deve-se dar preferência à usina fixa. Ela consiste basicamente de silos, elevador e misturador.

A compactação deverá ser executada com o material em umidade próxima a ótima até que seja atingido o grau de compactação especificado. A experiência indicará o equipamento mais adequado.

MELHORIA DAS CONDIÇÕES DE DRENAGEM

Numa estrada existente, as informações dos moradores são importantes para a avaliação do funcionamento dos dispositivos de drenagem.

Estas informações orientarão o projetista sobre decisões tais como:

- substituir um bueiro por outro capaz de escoar uma maior vazão;
- instalar um dreno em um corte com muita umidade;
- fazer descidas de água em sarjetas, onde a água extravasa;
- revestir uma sarjeta ou valeta, quando sujeitas a erosão etc.

PARTICIPAÇÃO COMUNITÁRIA

É desejável que as comunidades locais participem o mais ativamente possível nas tomadas de decisões relativamente aos problemas relacionados com a implantação, melhoramentos ou pavimentação das estradas vicinais.

Para isso, é conveniente que desde o início do processo haja divulgação dos planos da administração municipal e que sejam concebidas formas de operacionalizar a participação dos munícipes no encaminhamento das questões a serem analisadas.

Para esse fim, podem ser previstas a realização de palestras e debates com os interessados, através da promoção de reuniões abertas a todos os interessados, mas com convocação especial para os moradores da região cortada pela estrada, dirigentes das entidades rurais, representantes das empresas de ônibus, proprietários e trabalhadores rurais, representantes das indústrias de beneficiamento de produtos agrícolas, jornalistas e radialistas.

Essas reuniões que já têm sido realizadas em algumas Divisões Regionais do DER/SP, devem acontecer em local amplo, como por exemplo em salões da própria Prefeitura Municipal, da Associação Rural etc.

Os usuários da estrada, quando chamados a participar do processo de decisões sobre as melhorias programadas, ficam engajados e motivados a prestar sua colaboração. Este aspecto se aplica principalmente aos proprietários lindeiros, cuja colaboração, essencial para a realização das obras, se refere principalmente aos seguintes itens: escoamento das águas pluviais, faixa de domínio e jazidas de solo.

É comum encontrar-se trechos de estradas municipais funcionando como verdadeiras valetas coletoras das águas pluviais. Este é um problema crucial para cuja solução é imprescindível a colaboração dos proprietários.

Também é comum nestas estradas a existência de faixas de domínio estreitas e mal definidas.

Quando os projetos especificam o uso de solos escolhidos na feitura de bases, sub-bases e reforços, muitas vezes implica na sua obtenção dentro de propriedades particulares.

Outros problemas correlatos são: remanejamento de linhas de energia elétrica e de telecomunicações, melhoria de acessos, passagens de gado e construção de variantes para o desvio do tráfego.

Como as Prefeituras, geralmente, contam com poucos recursos para resolver estes problemas, a solução depende da colaboração dos proprietários. Essa colaboração deve ser solicitada com grande antecedência, esclarecendo-se sempre as vantagens que resultarão das melhorias cogitadas.

INTERFERÊNCIAS

As interferências ocorrem geralmente com serviços públicos existentes. Algumas interferências, nas estradas em tráfego, não deverão permanecer quando forem executados melhoramentos.

Deverá haver uma perfeita coordenação com as concessionárias de serviços públicos, ainda na fase de projeto, para se evitar embaraços à construção e prejuízos aos usuários destes serviços.

NOÇÕES BÁSICAS DE OPERAÇÃO

CONCEITUAÇÃO GERAL

Entendem-se como "operação" de uma via as atividades destinadas a:

- controlar o tráfego que a utiliza;
- monitorar a via em seguras e boas condições de uso.

Tendo em vista que o presente Manual tem como principal objetivo a conservação das estradas e rodovias vicinais, a esse tópico é destinado um volume específico, que constitui o Volume II do Manual.

Assim, neste primeiro volume serão abordados apenas os itens relativos ao controle do tráfego.

Em decorrência de sua função de via local e das suas limitações econômicas, as vicinais ostentam padrões de projeto e características operacionais mais modestas que as das rodovias tradicionais. Estes aspectos podem vir a constituir fatores de risco de acidentes que, acrescidos da irresponsabilidade e imprudência dos usuários como excesso de velocidade, tem levado a ocorrência de acidentes graves até com vítimas fatais.

Desta forma, torna-se muito importante, mesmo que de forma mais simples e menos onerosa, a implantação de um sistema de Operação de Rodovias Vicinais através de equipes denominadas "Rotas", para monitoração, orientação, fiscalização, e apoio aos usuários das vicinais, visando oferecer maior fluidez de tráfego e segurança aos usuários.

Para esta operação de rodovias vicinais, os trabalhos deverão ser otimizados, simplificados e com o menor custo operacional possível. Assim, neste modelo proposto, apenas estas equipes de "rotas" estarão atuando nas rodovias vicinais efetuando várias atividades de opera-

ção de rodovias, como: inspeção de tráfego; apoio inicial a acidentes e a veículos com avarias; sinalizações de emergência; remoções, desobstruções e limpezas rápidas da pista de rolamento nas ocorrências de acidentes e incidentes; acionamento de recursos e atendimentos especializados e emergenciais etc., para restabelecimento do tráfego normal da rodovia, no menor lapso de tempo possível.

Nas operações de inspeção de tráfego serão verificadas e removidas eventuais cargas ou materiais caídos sobre a pista de rolamento, a existência de defeitos graves no pavimento, além da ocorrência de outros problemas que possam ocasionar acidentes, como veículos com avarias mecânicas parados na faixa de rolamento, devido à inexistência de acostamentos.

A rota dará apoio inicial a acidentes através da implantação de sinalização emergencial de acidentes, e através do seu sistema de rádio comunicação solicitará e acionará todos os atendimentos emergenciais necessários, primeiramente aos acidentados com ferimentos, removendo-os aos hospitais mais próximos através das equipes de remoções especializadas e conveniadas disponíveis nas proximidades, e secundariamente aos acidentados sem ferimentos e aos veículos danificados, através de transporte e remoção dos mesmos.

Finalizando a operação de apoio inicial a acidentes, a equipe da rota deverá desobstruir, remover objetos e cargas, e limpar todas as faixas de rolamento, remover toda a sinalização de emergência e liberar a pista para o tráfego normal.

Assim, a função fundamental da equipe da rota é remover qualquer objeto existente sobre a pista de rolamento no menor lapso de tempo possível, mantendo a rodovia em perfeitas condições de segurança e isenta de qualquer material sobre a pista que possa causar acidentes.

Outras atividades importantes de inspeção de tráfego da rota

são as verificações permanentes da manutenção de cercas e da sinalização rodoviária.

Principalmente em regiões de pecuária, a manutenção de cercas em boas condições evita a invasão de animais na faixa de domínio e na pista de rolamento, que são os causadores de sérios acidentes nas rodovias vicinais.

A sinalização das vicinais deverá ser constantemente verificada, conservada e reposta, pois as informações nela contidas são de fundamental importância para a segurança dos usuários; porém, infelizmente, o vandalismo e a depredação têm prejudicado muito a sua visibilidade, ocasionando até a necessidade de reposição.

Nos pontos de acesso às áreas de produção agrícola, como canaviais, eucaliptais, produção de grãos etc., existem manobras concentradas de caminhões de grande porte; porém, esses pontos de acesso vão se deslocando com o andamento da colheita, tornando assim muito importante o apoio da rota, principalmente na orientação e fiscalização da sinalização móvel que deverá ser implantada.

ATIVIDADES DE OPERAÇÃO DAS VICINAIS

A operação rotineira do trânsito numa estrada vicinal é uma atividade essencial a ser realizada, uma vez que, por meio da análise do sistema viário, é possível identificar os fatores que interferem nas condições de circulação e segurança, bem como atuar na fiscalização, verificando irregularidades praticadas por condutores de forma geral.

Além disso, é uma atividade prevista pelo Código de Trânsito Brasileiro – CTB que pelo Anexo I define da seguinte forma a operação de trânsito: “monitoramento técnico baseado nos conceitos de Engenharia de Tráfego, das condições de fluidez,

de estacionamento e parada na via, de forma a reduzir as interferências, tais como veículos quebrados, acidentados, estacionados irregularmente atrapalhando o trânsito, prestando socorros imediatos e informações aos pedestres e condutores". É, portanto, uma atividade que deve ser desenvolvida por técnico capacitado para monitorar o sistema viário e, quando necessário, tomar as providências cabíveis para que a normalidade seja restabelecida para os pedestres, condutores ou passageiros do sistema de transporte. Esse agente, conforme especifica o artigo 280 do CTB, § 4°, é designado pela autoridade de trânsito e a representa, garantindo que o interesse comum prevaleça na circulação.

A malha de estradas e rodovias vicinais requer tipos de operação distintos em razão da variedade de padrão e de situações verificadas conforme cada região do Estado. Apesar disso, o objetivo maior deve ser sempre observado no sentido de buscar o melhor tratamento ao usuário. Isso significa estabelecer esquemas de operação compatíveis com cada trecho da via, levando-se em conta os aspectos funcionais, físicos e das características do tráfego que nela circula, além do uso do solo (trecho urbano ou rural), situação orográfica, aspectos climáticos e outros próprios de cada local. Alguns trechos podem exigir cuidados maiores na operação, quer pela predominância de um tipo de situação adversa ou pela combinação de aspectos diversos.

As atividades de operação de trânsito podem ser divididas em três grupos, conforme as variações da demanda, das necessidades sazonais de uma determinada região ou de eventos atípicos:

Atividades Rotineiras

Visam a atender situações e ocorrências que são observadas frequen-

temente ao longo da via: a monitoração das condições de circulação, a remoção de interferências, a fiscalização quanto ao desrespeito às leis de trânsito, dentre outras atividades peculiares a cada região.

Atividades Emergenciais

Para atendimento a situações atípicas e inesperadas que podem comprometer a segurança, a mobilidade e a acessibilidade de pedestres e condutores. Em geral, são ocorrências que exigem o apoio para contornar situações de risco: acidente de trânsito, solapamentos, alagamentos, recolhimento de animais, derramamento de carga, dentre outras.

Atividades Programadas

Realizadas para o atendimento de demandas específicas, quando os recursos humanos e equipamentos de apoio das atividades rotineiras não são suficientes para o seu completo atendimento. De forma geral, são ações complementares planejadas para acompanhar eventos que não fazem parte do dia a dia, minimizando qualquer possível impacto nas condições de segurança, mobilidade e acessibilidade dos usuários, tais como: maior movimentação em razão de feriados, festas regionais e datas comemorativas, provas esportivas, circulação de máquinas e implementos agrícolas etc.

PADRÃO DE OPERAÇÃO DAS VICINAIS

Controle de Velocidade

O controle de velocidade é uma das principais atividades de operação das vicinais, pois minimiza muito a ocorrência de acidentes.

Este controle poderá ser efetuado através de radares fixos e estáticos instalados em pontos estratégicos das vias urbanas e rodoviárias.

Nos trechos urbanos e semiurbanos, principalmente em locais

de grande incidência de acidentes e, naqueles onde existem travessias de pedestres como escolas, igrejas, pequenos comércios etc., a experiência nacional indica que, ao menos no atual estágio de comportamento do motorista brasileiro, o melhor meio de se obter o eficaz controle de velocidade é a implantação de dispositivos redutores de velocidade, do tipo lombadas. Tais dispositivos, caso adotados, deverão ser implantados conforme Resolução CONTRAN nº 635/84, que especifica formas, dimensões, sinalização, localização etc. Maiores informações sobre essa Resolução poderão ser encontrados no Volume III, Anexo 9, deste Manual.

A este respeito, extensas experiências foram desenvolvidas pelo DSV de São Paulo, a nível urbano, e pelo DNER, a nível rodoviário, com significativos resultados de redução de acidentes.

Controle de Tráfego

Em função da conceituação inicial de que as vicinais deveriam ser implantadas como estradas econômicas de baixo custo, elas apresentam muitas restrições geométricas, como rampas íngremes e extensas, curvas verticais e horizontais com restrições de visibilidade, inexistência de acostamentos, pavimentação e drenagem de baixo custo etc. Conforme já citado anteriormente, as vicinais têm sido utilizadas ultimamente por veículos muito pesados, ocasionando danos ao pavimento como buracos de grande monta, que associados à baixa velocidade no final de rampas extensas, tem causado acidentes por motoristas imprudentes de veículos que tentam ultrapassagens em locais impróprios e sem segurança.

A inexistência de acostamento acarreta a necessidade de veículos com avarias mecânicas ou acidentados a permanecerem estacionados nas faixas de rolamento, resultando assim em um potencial risco de novo acidente.

Desta forma, torna-se de fundamental importância a operação de vistoria e inspeção de tráfego através de viaturas denominadas "ROTAS", equipadas com sistema de rádio transmissão eficientes, que ficarão circulando permanentemente as rodovias vicinais.

INSPEÇÃO DE TRÁFEGO ROTINEIRA

Tem como finalidade principal observar as condições da via, seu estado de conservação e da sinalização, bem como possíveis interferências que possam vir a causar acidentes. Num segundo momento devem ser avaliadas as condições do tráfego e o funcionamento da via, como também atuar na fiscalização, verificando irregularidades praticadas pelos condutores.

Devem ser observados basicamente os seguintes itens:

- existência de veículos estacionados irregularmente;
- irregularidade nas pistas de rolamento, tais como buracos e ondulações (anotar posição e quilometragem);
- detectar e recolher pedaços de madeiras, peças de veículos, pedaços de pneus ou outros objetos que colocarem em risco a circulação de pedestres e de veículos;
- remover lixo, animais mortos ou entulho nas margens da pista;
- estado geral da sinalização horizontal e vertical e dos dispositivos de segurança (defensas, principalmente);
- eventuais deficiências na sinalização temporária empregada em atividades de conserva, manutenção ou tipos de reparos;
- existência de cargas ou veículos abandonados;
- ocorrência de eventuais acidentes, adotando os procedimentos adequados (acionar equipe específica se necessário e sinalizar o local);
- ocorrência de animais soltos, providenciando sua remoção;

- condições das cercas de vedação e muros (anotar quilômetro e posição);
- existência de acessos clandestinos, movimentos não previstos e perigosos e uso indevido da faixa de rolamento;
- problemas de escoamento de águas superficiais em chuvas intensas;
- ocorrência de fenômenos climáticos adversos, como neblina, ventos fortes (anotar quilometragem de início e fim do trecho);
- tráfego sem autorização e sinalização correspondente de veículos e/ou cargas fora dos padrões permitidos ou mal acondicionadas;
- eventual restrição à visibilidade (ocasionada, por exemplo, por fumaça). Detectar a causa e eliminá-la, se possível; caso contrário, anotar quilometragem inicial e final do trecho para posterior solução;
- existência de locais passíveis a acidentes naturais (escorregamento de taludes, por exemplo), anotar local e sinalizar, quando necessário.

VEÍCULOS E EQUIPAMENTO DE APOIO

Os veículos mais adequados para atender a esse modelo simplificado e de menor custo ("Rotas"), serão as viaturas montadas em utilitário médio, tipo F-250 ou similar, equipadas com cabine dupla, dispositivos de guindauto e guincho de plataforma leve, além de dispor dos seguintes equipamentos básicos:

- cones de borracha para sinalização de emergência;
- cabo de aço para reboque, com extensão de 5 m;
- corda com extensão de 20 m;
- vassourão;
- extintor de incêndio (pó químico e CO_2);

- placas e balizadores luminosos;
- ferramentas diversas;
- caixa de primeiros socorros.

RELATÓRIO DE INSPEÇÃO

Tem por finalidade básica o registro das anormalidades ou eventos verificados durante a inspeção. Posteriormente essas informações são encaminhadas às equipes/setores competentes para, assim, serem tomadas as providências necessárias conforme os tipos de problemas detectados. Além disso, esses registros devem compor um banco de dados que possibilite a saída de relatórios específicos para o planejamento de ações e implementação de melhorias diversas na operação da rodovia.

As informações mínimas que devem constar desse relatório são: local do problema ou ocorrência (quilometragem em frações de 100 m); descrição sucinta do problema ou ocorrência; data e hora; croqui; e providências adotadas.

No caso de acidente de trânsito é recomendável que as informações sejam mais detalhadas, tais como: tipo de acidente (atropelamento, colisão, abalroamento, choque, capotamento, queda, tombamento, combinação de um ou mais tipo e outros – qualquer acidente que não se enquadre nas definições descritas); tipo de veículos; número de vítimas; condições do tempo; condições dos veículos (se possível); local exato do acidente e horário da ocorrência.

Relatório de Inspeção Nº

1 – DATA:	2 – HORA:	
3 – RODOVIA:		
Trecho:	km:	
4 – TIPO DE OCORRÊNCIA:		
☐ Acidente	☐ Problemas mecânicos	☐ Restrições à visibilidade
☐ Deficiência de sinalização	☐ Outro tipo (especificar)	
5 – DESCRIÇÃO DO PROBLEMA:		
6 – CROQUI:		
7 – PROVIDÊNCIAS ADOTADAS:		
Assinatura do Agente de Operações:	Visto do Chefe de Operações:	

Operação de Eventos Emergenciais

Consiste no apoio e suporte nas ocorrências críticas, tanto para preservar as condições de segurança aos usuários que se encontram de passagem pelo local, como para os envolvidos no evento.

De forma geral, são três situações mais frequentes: veículos com falhas mecânicas, derramamento de carga e acidente de trânsito.

Veículos com falha ou pane mecânica

Consiste no atendimento de socorro mecânico ou reboque, cuja finalidade básica é a desobstrução da pista de rolamento, evitando-se, assim, situações de risco de acidentes e/ou impedimento

da circulação geral, uma vez que a maior parte das rodovias vicinais são desprovidas de faixa de acostamento.

É importante que o agente avalie o local da ocorrência e, caso necessário, remova o veículo para ponto de menor conflito com o fluxo de passagem e com a circulação de pedestres. Para complementar o atendimento, é também essencial dispor de uma relação dos prestadores de serviços para atendimento às avarias mecânicas mais comuns e guinchos para remoção definitiva, tendo em vista que o reparo na própria via gera situações potenciais de ocorrência de acidentes.

Derramamento de carga

O atendimento à emergência por motivo de derramamento de carga é uma atividade que requer maior atenção por parte do agente, principalmente quando se refere a produtos perigosos.

No caso de carga comum solta ou caída na pista, devem ser tomadas as providências mais comuns: sinalizar o local; deslocar o veículo para o local mais seguro; se possível, acondicionar novamente a carga, ou retirá-la da pista e, caso o veículo esteja com problema mecânico e impossibilitado de seguir viagem, solicitar o transbordo da carga para outro.

Nas situações críticas, quando há derramamento de produtos perigosos, os procedimentos são mais complexos e exigem cuidados especiais. A medida inicial é desligar o motor de todos os veículos que estejam na área da influência do evento, proibir que se fume no local, procurar isolar a área e identificar o produto transportado. Posteriormente, é recomendado não se aproximar do produto ou que procure ter o cuidado de se ter o vento pelas costas, evitar a inalação de gases, fumaça ou

vapores e evitar ou tocar qualquer material derramado. Primeiramente, deve ser feito contato, pelo condutor ou pelo agente, com a empresa transportadora a fim de obter orientação quanto aos procedimentos a serem tomados diante das circunstâncias que se encontra o incidente. É necessário também o contato com os órgãos que podem auxiliar na operação: Defesa Civíl, Corpo de Bombeiros ou de Meio Ambiente.

Acidente de trânsito

Basicamente, são dois tipos de atendimento para situações de ocorrência de acidentes de trânsito: quando é necessária a interdição da pista em razão da impossibilidade de remoção dos veículos e quando há registro de vítimas.

No primeiro caso, os procedimentos devem ser concentrados na avaliação da ocorrência quanto ao possível vazamento de líquido combustível ou outros produtos perigosos, na sequência deve proceder à desobstrução da via o mais rápido possível, acionando equipes específicas para tal atividade (guincho, equipe de limpeza) e providenciar a sinalização de alerta/desvios enquanto tal remoção não seja concluída. Dessa forma são evitados acidentes secundários.

Mesmo no caso de ocorrência de acidente com vítima, o agente deve, primeiramente, providenciar a sinalização básica do local de tal forma que a circulação ocorra de maneira segura e organizada, evitando-se conflitos com o tráfego de passagem. Uma vez completada essa sinalização, o agente deve prestar o atendimento de primeiros socorros e também acionar o serviço de resgate mais próximo e outros serviços de apoio, caso necessário. A prestação de socorro às vítimas pressupõe que o técnico esteja preparado para desempenhar tal atividade, portanto, an-

tes de iniciar na função de agente, deve ser capacitado por meio de treinamento específico quanto aos procedimentos a serem tomados nesse tipo de emergência (manuseio e transporte do acidentado).

Para atendimento a ambas as situações o agente deve dispor no veículo de relação contendo os contatos com o Corpo de Bombeiros e Polícia Militar, com os prestadores de serviços mais próximos e com os hospitais de atendimento na região.

ACIDENTE DE TRANSITO					
1 – TIPO					
☐ Atropelamento	☐ Atropel. animal	☐ Colisão	☐ Abalroamento		
☐ Choque	☐ Capotamento	☐ Tombamento	☐ Queda		
☐ Combinação de mais de um tipo (assinalar quais)		☐ Outros (especificar)			
2 – VEÍCULOS ENVOLVIDOS (anotar quantidade)					
☐ Automóvel	☐ Caminhonete	☐ Camioneta	☐ Caminhão		
☐ Carreta	☐ Micro-ônibus	☐ Ônibus	☐ Motocicleta		
☐ Trator	☐ Carroça / Charrete	☐ Bicicleta	☐ Carro de mão		
☐ Outros (especificar)					
3 – VÍTIMAS (anotar quantidade)					
☐ Sem ferimentos	☐ Ferimentos leves	☐ Ferimentos graves	☐ Com morte		
4 – CONDIÇÕES DO TEMPO					
☐ Dia	☐ Noite	☐ Bom	☐ Chuva	☐ Garoa	☐ Neblina

Operação de Eventos Programados

É o tipo de atividade na qual são planejados esquemas operacionais de trânsito para atendimento a situações especiais. São preestabelecidos o dimensionamento da equipe, recursos materiais e as ações a serem tomadas conforme a área de abrangência, duração do evento e suas proporções. Nestes casos os agentes contam com atribuições específicas.

De acordo com o tipo do evento, pode ser utilizada somente a sinalização correspondente ao desvio necessário ou, dependendo da sua magnitude, pode ser necessário o uso de bloqueios fixos ou móveis.

Obras de Conserva e Manutenção

Intervenções temporárias ou fatores anormais na rodovia, como a realização de obras, serviços de conservação e situações de emergência, podem ocasionar problemas à segurança viária e barreiras à circulação. Com o objetivo de proporcionar menos conflitos e melhores condições na utilização da rodovia, é recomendado que os trechos afetados sejam sinalizados de forma específica, atendendo os seguintes requisitos:

- fornecer informações precisas, claras e padronizadas aos usuários;
- advertir corretamente da existência de obras, serviços de conservação ou situações de emergência e das novas condições de trânsito;
- regulamentar a circulação, a velocidade e outras condições para a segurança local;
- posicionar e ordenar adequadamente os veículos e pedestres, para reduzir os riscos de acidentes.

Nessas situações, é recomendada a utilização do Manual de Sinalização Rodoviária, Volume III – Obras, Serviços de Conservação e Emergência do DER/SP, que contém as especificações de toda sinalização adotada nesses casos, aborda diferentes situações críticas e apresenta projetos-tipo que indicam o correto uso dessa sinalização.

Outros Eventos Programáveis

Além das obras, vários eventos podem ser considerados programáveis, alguns frequentes e peculiares a cada região, outros esporádicos, públicos ou privados. Em geral, aumentam sobremaneira o volume de tráfego de veículos e pessoas nas proximidades, cau-

sando reflexos nas condições de circulação e na segurança viária. Tais acontecimentos exigem providências específicas do órgão de trânsito com vistas a reduzir estes impactos.

Os eventos mais comuns são caracterizados por:

- obras e serviços das concessionárias de serviços públicos (gás, água, energia elétrica, telefonia, entre outras). Nestes casos, é habitual a própria concessionária já dispor de esquemas de desvio e respectiva sinalização e demais dispositivos de segurança;
- festas religiosas e culturais;
- rodeios;
- competições esportivas;
- feiras;
- lazer e entretenimento;
- outros eventos típicos.

Estatísticas de Tráfego

Como o modal rodoviário tem participação expressiva no transporte de bens e pessoas em todo o Estado, é fundamental dispor de dados atualizados sobre essa movimentação. De forma geral, são dados referentes às características do fluxo em alguns pontos da rodovia, essenciais para a manutenção e planejamento de novas ações, melhorias e a elaboração de projetos.

Por meio da inspeção rotineira são detectados alguns problemas incidentes na rodovia, porém a solução nem sempre é possível sem informações detalhadas, precisas e que representem uma amostra efetiva do comportamento do fluxo.

Para tanto, são realizados os estudos de tráfego, baseados nas informações obtidas a partir de levantamentos de campo e pesquisas distintas. Em geral, os estudos necessários às rodovias vicinais são simples e se resumem à contagem do volume veicular em alguns

pontos da rede que representem interesse aos estudos. Há, porém outras pesquisas com objetivos mais específicos como, por exemplo, os casos em que a rodovia vicinal corta área urbana, onde há concentração de pedestres e usuários do transporte coletivo de passageiros e por isso a necessidade de efetuar outro tipo de levantamento de dados.

Tipos de Pesquisas

As pesquisas mais usuais são as que verificam o volume de veículos que circulam pela rodovia e podem ter maior ou menor detalhamento conforme o objetivo do estudo:

- **contagens em interseções, retornos ou acessos**: identificam os respectivos volumes de cada movimento e são utilizadas para projetos de canalizações, proibição de movimentos conflitantes, formação de filas, dentre outros;
- **contagens classificadas direcionais**: são realizadas com o objetivo de identificar os volumes relativos a cada tipo de veículo que compõe o fluxo da rodovia conforme o sentido de tráfego para dimensionamento estrutural, projetos geométricos, estudo de capacidade etc. Em geral, essa classificação já é aplicada nas pesquisas anteriores. Comumente, é considerada a seguinte classificação:
    - automóveis;
    - caminhonete/caminhoneta (utilitários);
    - caminhão (toco e, conforme o número de eixos os tipos trucado, semiarticulado e articulado);
    - micro-ônibus e vans;
    - ônibus;
    - motocicleta;
    - trator.

- **contagens de passageiros:** são realizadas para quantificar o número de passageiros transportados num determinado tipo de veículo (ônibus, micro-ônibus, vans, táxi); proporção de usuários do transporte coletivo em relação ao individual etc. São pouco aplicadas em rodovias vicinais;
- **contagens de sobe e desce:** são feitas para avaliar os pontos de parada do sistema de transporte coletivo mais solicitados pelo número de embarques/desembarques. Possibilitam o dimensionamento do sistema e adoção de melhorias nos pontos;
- **contagens de pedestres:** indicam o número de pessoas em circulação ou em áreas de espera para a travessia da pista. São informações utilizadas para a avaliação da necessidade de calçadas, faixas de travessia, dentre outras melhorias aos pedestres;
- **contagens de bicicletas:** tem por objetivo identificar o número de ciclistas que fazem uso desse tipo de veículo para seu transporte diário ou seu uso frequente como lazer, como no caso de acessos a parques e áreas próprias para essas atividades. O volume de bicicletas em circulação pode indicara a necessidade de adoção de melhorias como ciclovias, ciclofaixas ou sinalização específica.

Métodos de Contagens Volumétricas

De forma geral, são utilizados dois métodos:

- **contagens manuais:** consiste na marcação em formulários próprios dos volumes constatados no local. A observação pode ser contabilizada por anotações diretamente no formulário, quando o fluxo de veículos é baixo e as condições do local assim o permitem, ou por meio de contadores acoplados em pranchetas, também acionados manualmente, sendo anotado

no formulário apenas o total verificado a cada 15 minutos, meia hora ou outro intervalo diferenciado;

- **contagens mecânicas:** adotadas para pesquisas realizadas em longos períodos ou caso de postos permanentes. Há vários dispositivos disponíveis no mercado que cumprem tal finalidade e que utilizam praticamente duas funções: primeiro, detectar o tráfego, segundo registrar os dados de tráfego. A transmissão se dá por fios telefônicos, rádios ou outros meios de comunicação.

Planejamento da Pesquisa

Durante o planejamento das pesquisas de tráfego recomenda-se realizar as contagens durante os meses de março, abril, outubro e novembro, período em que a variabilidade do fluxo de tráfego é menor na maioria das rodovias.

Cabe ressaltar, que nas rodovias de ligação turística, esses meses não representam a menor variabilidade e o conhecimento prévio do local pode ajudar na programação das coletas de tráfego.

Nas rodovias sob jurisdição do DER/SP é recomendado que as pesquisas de tráfego sejam realizadas durante períodos de 7 dias, mitigando o problema da sazonalidade semanal. Porém, nas rodovias de baixo volume de tráfego é viável utilizar pesquisas de 3 dias, em que se recomenda os dias de terça a quinta-feira.

Nas pesquisas de tráfego de 3 dias é necessário estabelecer o padrão de variação semanal para que o modelo possa ser utilizado, podendo utilizar a distribuição dos percentuais em postos com contagens durante 7 dias para auxiliar na estimativa do volume semanal e volume médio anual nos postos com somente 3 dias de contagem volumétrica.

Deve-se elaborar um banco de dados estatísticos com as pesqui-

sas para melhor caracterizar o perfil de distribuição dos volumes diários durante a semana e dos volumes mensais durante o ano.

Portanto, para a realização de qualquer pesquisa de tráfego é necessário um planejamento anterior que envolve:

- o objetivo da pesquisa (definição do dado a ser colhido e locais);
- o levantamento de dados relativos ao trecho a ser pesquisado;
- o dimensionamento da pesquisa (tempo de duração, dias e horários a serem pesquisados etc.);
- os recursos necessários (número de pesquisadores e equipamentos por período de pesquisa, por horário etc.);
- definição do formulário de pesquisa a ser utilizado, contendo: croqui do local, campos para marcação do local (nome da rodovia e quilômetro), dia, horário, condições do tempo, nome do pesquisador e assinatura, e os respectivos dados que serão pesquisados (tipo de veículos, velocidade aferida, número de pedestres, número de passageiros, tipo de carga transportada etc.);
- a programação e operação da pesquisa propriamente dita.

Tabulação dos Dados

Nessa fase são verificadas as informações obtidas nas pesquisas e concebido o formato do banco de dados. Num primeiro momento, deve ser avaliado o correto preenchimento dos formulários. Em seguida deve ser observada a consistência das informações, tais como: troca de colunas, falta de preenchimento de algum dado etc.

É fundamental que a organização dos dados, de forma manual ou informatizada, seja concisa para permitir melhor manipulação do banco de dados e assim, que sejam extraídos resultados de acordo com o objetivo do estudo – por horário, média por período do dia,

por sentido, por tipo de veículo, dentre uma série de variáveis.

A tabulação manual de uma pesquisa realizada com um número grande de pessoas é trabalhosa e recorre em erros, sendo, nesses casos, indicado o uso de um sistema de tabulação informatizado, com softwares próprios, embora a tabulação possa ser realizada utilizando uma planilha eletrônica, como o Microsoft Excel, por exemplo.

Comunicação com o Usuário

Nas situações atípicas que ocorrem na rodovia, a comunicação com o usuário é a melhor maneira de mantê-lo informado quanto aos cuidados que deve tomar ao circular na via ou à necessidade de utilizar caminhos alternativos para atingir o destino pretendido.

A comunicação com o usuário pode ser rotineira, periódica ou eventual. As informações incluem basicamente:

- ocorrência de eventuais acidentes;
- ocorrência de avaria na infraestrutura da rodovia ou de obstáculos na pista (queda de árvore, escorregamento de taludes, por exemplo);
- existência de atividades de conserva ou de manutenção;
- ocorrência de fenômenos climáticos adversos, tais como chuvas e ventos fortes;
- restrição à visibilidade, em razão de fumaça ou neblina.

São comumente utilizados como canais de comunicação com o usuário os seguintes meios: rádio (emissoras locais), televisão, imprensa diária (jornais locais), painéis, faixas, panfletos e, inclusive, a internet, com a inclusão de mensagens nos sites das entidades e órgãos da região. De todas as opções disponíveis, o rádio é que ainda proporciona maior alcance junto aos usuários, independente

do padrão da rodovia. Os jornais locais vem em segundo lugar em termos de eficiência na comunicação.

FISCALIZAÇÃO

A fiscalização, conjugada às ações de operação de trânsito, de engenharia de tráfego e de educação para o trânsito, é o instrumento que proporciona a convivência segura entre os usuários da via, porque reduz os conflitos e impõe a ordem na circulação dos pedestres e dos condutores de veículos, atuando como facilitador da mobilidade urbana ou rodoviária.

As ações de fiscalização contribuem para a efetiva mudança de comportamento dos usuários da via e, de forma específica, do condutor infrator, através da imposição de sanções, propiciando a eficácia da norma jurídica.

Nesta atividade operacional, o agente de trânsito desenvolve ações no sentido de assegurar o cumprimento das leis de trânsito. Essa atividade tornou-se possível a partir da municipalização do trânsito, conforme previsto pelo CTB, artigo 21, inciso VI – "executar a fiscalização de trânsito, autuar, aplicar as penalidades de advertência, por escrito, e ainda as multas e medidas administrativas cabíveis, notificando os infratores e arrecadando as multas que aplicar". Ainda no CTB, Anexo I, é definido que o agente da autoridade de trânsito "é a pessoa, civil ou policial militar, credenciada pela autoridade de trânsito para o exercício das atividades de fiscalização, operação, policiamento ostensivo de trânsito ou patrulhamento". O agente tem, portanto, poder de polícia administrativa de trânsito, no âmbito de sua circunscrição e competência legal.

Para que possa exercer suas atribuições como agente da autoridade de trânsito, o servidor ou policial militar deverá ser credenciado, estar devidamente uniformizado e no regular exercício de

suas funções nos locais de fiscalização ou por veículo devidamente caracterizado na forma do artigo 29, inciso VII do CTB.

Além da ação do agente, outras formas têm sido utilizadas para a fiscalização. Nos últimos anos foram e continuam sendo desenvolvidos vários dispositivos de controle eletrônicos, a cada dia com maior número de recursos, o que tem gerado sua aplicação em diferentes situações tanto em áreas urbanas como rurais. No entanto, os dispositivos mais utilizados em rodovias são para o controle de velocidade veicular, de forma a garantir que a circulação seja compatível com os níveis de segurança exigidos. São adotados para trechos com geometria desfavorável, com presença de pedestres (em geral escolares), anterior a cruzamento de vias, em acessos a polo gerador com saída/entrada concentrada de veículos (indústrias, usinas, centros de distribuição/depósitos), dentre outras situações específicas.

Porém, há determinados controles em que a presença do agente é indispensável, tais como a fiscalização do transporte de carga acondicionada irregularmente ou com excesso de peso, dos veículos que necessitam de licença especial para circulação, do transporte de passageiros em desacordo com a legislação ou outras circunstâncias peculiares a cada região, como é o caso das épocas de colheita de determinado produto agrícola.

Transporte de Carga

Este controle é da maior importância para se evitar uma rápida deterioração do pavimento, especialmente nas proximidades de polos geradores de transporte de cargas pesadas, tais como usinas e indústrias.

Ao constatar que o veículo trafega em desacordo com as regras e legislação vigentes, ou apresentando algum problema com a carga,

o agente deve proceder à autuação conforme procedimentos definidos pelo Manual Brasileiro de Fiscalização de Trânsito, Volume I (Resolução CONTRAN nº 371/2010).

Esse manual tem por finalidade padronizar os procedimentos a serem adotados pelas autoridades de trânsito e seus agentes quando estiverem fiscalizando o fiel cumprimento das normas do CTB.

Atenção especial deve ser tomada com relação à legislação em vigor quanto aos limites de Peso Bruto Total – PBT, número de eixos e outros aspectos pertinentes, tendo em vista que o assunto é frequentemente reavaliado e novas matérias legais são estabelecidas pelo CONTRAN.

Transporte de Passageiros e Escolares

Apesar da proibição da utilização de veículo de carga para transporte de pessoas, ainda é possível observar esse tipo de ocorrência em algumas rodovias vicinais. Cabe destacar, porém, que a Resolução CONTRAN Nº 82, de 19 de novembro de 1998, estabelece que o transporte de passageiros em veículos de carga, remunerado ou não, poderá ser autorizado eventualmente e a título precário, desde que ocorra entre localidades de origem e destino que estiverem situados em um mesmo município, municípios limítrofes, municípios de um mesmo Estado, quando não houver linha regular de ônibus ou as linhas existentes não forem suficientes para suprir as necessidades daquelas comunidades. A mesma Resolução determina ainda as condições mínimas do veículo para que esse transporte seja realizado.

A fiscalização deve observar o desrespeito a estas condições especiais e proceder conforme orientações do Manual Brasileiro de Fiscalização de Trânsito, Volume I (Resolução CONTRAN nº 371/2010).

Caso seja verificado o transporte em veículo próprio para o

transporte de passageiros (ônibus, micro-ônibus ou vans), mas em condições inadequadas/precárias de circulação, devem ser tomadas as providências conforme o mesmo Manual.

Fiscalização Especial

Esse tipo de fiscalização é realizado com a cooperação de outros órgãos de trânsito rodoviário ou policiamento para coibir irregularidades incidentes em determinada rodovia ou trecho dela, cuja ação de um único agente não é suficiente para conter tal desrespeito. Conforme a origem dessas irregularidades, a fiscalização especial pode contar com:

- agentes de operação ou representantes de outros setores/órgãos afins da jurisdição na rodovia;
- representantes de outros órgãos públicos das esferas estaduais ou federais, como os de saúde pública, meio ambiente, Polícia Militar, Corpo de Bombeiros.

A eficácia da operação especial depende de um planejamento detalhado das ações a serem adotadas e da plena articulação com os demais órgãos envolvidos. O dimensionamento da equipe e dos equipamentos necessários também deve ser avaliado nesse planejamento, conforme o objetivo.

Departamento de
Estradas de Rodagem
do Estado de São Paulo

BID