

2

ADEQUAÇÃO DE EROSÕES EM ESTRADAS RURAIS

**CAUSAS, CONSEQUÊNCIAS E
PROBLEMAS NA MANUTENÇÃO E
CONSERVAÇÃO DE ESTRADA RURAL**

Vol. 2 - nº 2- Fevereiro de 2016

Soluções

CADERNO DE ESTUDOS EM
CONSERVAÇÃO DO SOLO E ÁGUA NA
MANUTENÇÃO DE ESTRADAS
E CONSERVAÇÃO DA ÁGUA
EM ZONA RURAL

2

ADEQUAÇÃO DE EROSÕES EM ESTRADAS RURAIS CAUSAS, CONSEQUÊNCIAS E PROBLEMAS NA MANUTENÇÃO E CONSERVAÇÃO DE ESTRADA RURAL

Vol. 2 - nº 2- Fevereiro de 2016



Autores: José Cezar Zoccal - Eng. Agrônomo - CODASP - S. J. do Rio Preto - SP
Paulo Augusto Romera e Silva - Engenheiro do DAEE/CTH São Paulo



COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO
AGRÍCOLA DE SÃO PAULO

É permitida a reprodução parcial, desde que citada a fonte. A reprodução total depende de autorização expressa dos autores.

Ficha Catalográfica

Zoccal, José Cezar

Manutenção de estradas e conservação da água em zona rural: adequação de erosões em estradas rurais: causas consequências e problemas na manutenção e conservação estrada rural / José Cezar Zoccal, Paulo Augusto Romero e Silva.—São José do Rio Preto: CODASP, 2016

118 p. ; 21 cm.—(Soluções: cadernos de estudos em conservação do solo e água, ISSN 1981-3481, v.2, n.2)

Inclui bibliografia

1. Solo 2. Erosão rural 3. Água I. Silva, Paulo Augusto Romero e II. Título III. Série

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Marley C. Chiusoli Montagnoli, CRB-8/5646



**GOVERNO DO ESTADO
DE SÃO PAULO**

Geraldo Alckmin – Governador

Secretaria
de Agricultura
e Abastecimento do
Estado de São Paulo

Arnaldo Jardim - Secretário

**Companhia de Desenvolvimento
Agrícola de São Paulo – CODASP**

Toshio Misato
Diretor-Presidente

Alexandre Penteado Pires
Diretor de Operações

Autores
José Cezar Zoccal (1)
Paulo Augusto Romera e Silva (2)

1- Engenheiro Agrônomo e Gerente do Centro de Negócios de São José do Rio Preto-CODASP

2- Engenheiro do DAEE/CTH-SÃO PAULO .

APRESENTAÇÃO

A CODASP, uma empresa de 87 anos, vinculada à Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo possui um corpo técnico com muita experiência e vivência em matéria de conservação de água e solo, quando relacionados com o desenvolvimento agrícola.

Como manda o interesse público, a CODASP, através de um dos seus engenheiros, democratiza informações técnicas importantíssimas para todos aqueles que queiram aplicar as boas técnicas de manejo de solo na execução de infraestrutura ambientalmente sustentável para a agricultura em nosso País.

Com vastas experiências adquiridas em programas desenvolvidos pela Secretaria de Agricultura e Abastecimento e executados pela CODASP, notadamente no Programa Melhor Caminho, o Engenheiro Agrônomo José Cezar Zoccal, em parceria com o Profº Eng. Civil Paulo Augusto Romera e Silva, conseguiu sintetizar todo esse conhecimento nesse livro que será muito importante também para o Meio Ambiente desse País.

Portanto, é com muito orgulho que apresentamos o livro *Manutenção de Estradas e Conservação da Água em Zona Rural*, de autoria desse profissional estudioso e dedicado.

CODASP-SÃO PAULO

Toshio Misato

Diretor-Presidente

Alexandre Penteado Pires

Diretor de Operações

PREFÁCIO

O segmento agropecuário é o setor básico da economia, onde o Brasil tem um diferencial e pode ser campeão entre as Nações. Fundamental, então, que tenha como premissa a Sustentabilidade. Necessário recuperar as áreas atualmente degradadas, restabelecer e manter a capacidade produtiva dos solos, cuidar dos recursos hídricos e saber lidar com as consequências das mudanças climáticas.

Neste sentido, as práticas de conservação do solo e da água devem ser adotadas para o equilíbrio entre produção e o uso dos recursos naturais renováveis.

Cada vez mais a água se torna escassa por diversos fatores, impondo práticas conservacionistas do solo, para não comprometer os mananciais, propiciar melhores condições de monitoramento, correção dos efeitos da degradação pelo uso do solo e da água.

Assim destacamos as estradas rurais de terra, que são vias de acesso essenciais das comunidades e pelas quais ocorre o escoamento da produção agropecuária, para nós do campo, da “lida”, as chuvas são uma “benção”. Trazem vida, irrigam! Porém, bem sabemos que malcuidadas, destroem!

Levando em consideração que as águas pluviais constituem a principal causa de erosões, é de grande importância sua captação e disciplinamento, eliminando o efeito destruidor, por meio da manutenção de estradas e conservação da água em zona rural, captando e armazenando em locais determinados, forçando sua infiltração, favorecendo o abastecimento do lençol freático e, conseqüentemente, recompondo o lençol freático e favorecendo fontes e nascentes naturais.

Esse é o foco do trabalho da Companhia de Desenvolvimento Agrícola de São Paulo (CODASP), sua essência. A Codasp tem buscado retomar a multiplicidade de suas funções, o estabelecimento de novas atividades como reflorestamento, recomposição de nascentes e construção de barraginhas

para realmente ser uma “Companhia de Desenvolvimento Agrícola”. No seu programa Melhor Caminho e agora Melhor Caminho / Pontos Críticos que é marco de referência para uma boa engenharia, para o adequado tratamento de práticas ambientais de apoio, melhorando a vida do nosso produtor!

Todos estes princípios e diretrizes estão presentes neste texto, assim tenho certeza de que muito oportuna e bem utilizada.

O mercado editorial é carente de publicações a esse respeito/tema e, por isso, o ineditismo desta obra é de grande importância.

Com essa publicação compartilhamos com a sociedade uma tecnologia já comprovada com visão de um trabalho ambiental e sustentável. Com um diferencial de experiências testadas na prática com décadas de aplicação e permanente aprendizado e aperfeiçoamento.

Parabenizo a CODASP e todo quadro funcional por este belo trabalho!

Boa leitura!

Arnaldo Jardim

Secretário de Agricultura
e Abastecimento do Estado de São Paulo

AGRADECIMENTOS:

À minha esposa Nair, meus filhos Leonardo e Daniel, minhas noras Polyana e Ana Lúcia e a meus netos Vinícius, Gustavo, João Gabriel e Henrique, que foram minha fonte inspiradora para editar este compêndio.

*Aos colegas Engenheiros da Codasp,
Aos técnicos operacionais da Codasp,
E a todos que de uma maneira ou outra,
contribuíram com informações e experiências
práticas e colaboraram para solucionar os problemas,
na ajuda de um melhoramento das atividades da
Conservação e Manutenção de Estradas
e da Água em Zona Rural.*

*Ao Dr. Paulo Romera, pela organização
proposta na composição desta publicação.
Aos Diretores da CODASP: Dr. Toshio Misato
e Dr. Alexandre Pires, pelo apoio e
incentivo desta publicação.*

Engº Agrº José Cezar Zoccal

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	15
1. A ESTRADA RURAL E SUAS INTER-RELAÇÕES COM O AMBIENTE.....	16
1.1. A Estrada Rural de Terra como Intervenção no Meio Ambiente.....	24
2. ASPECTOS GERAIS DAS ESTRADAS RURAIS.....	28
2.1. A Importância da Estrada Rural.....	29
2.2. A Classificação das Estradas Rurais.....	31
2.3. Outros Aspectos de Caracterização das Estradas Rurais.....	32
2.4. Problemas mais Comuns nas Estradas Rurais Existentes.....	33
3. O PROJETO DE ADEQUAÇÃO DE ESTRADAS RURAIS.....	40
3.1. Passo a Passo para a Elaboração do Projeto.....	40
3.2. Caracterização do Relevo do Território.....	42
3.3. Análise dos Tipos de Solos do Trecho de Obra.....	43
3.3.1. Decisão de Jazidas.....	44
3.4. Licenciamento Ambiental das Obras de Adequação....	45
3.5. Planilha de Execução de Serviço.....	46
3.6. Recomendações para Preparar a Execução da Obra...	48
3.7. Anuência dos Proprietários Lindeiros da Obra.....	48
3.8. Cronograma de Execução.....	49
3.9. Cadastramento de Prioridades.....	50
4. A EXECUÇÃO DAS OBRAS DE ADEQUAÇÃO DE ESTRADAS RURAIS.....	52
4.1. Descrição das Técnicas Utilizadas na Execução de Obras.....	55
4.1.1. Suavização de Taludes e Elevação do Leito da Estrada.....	56

4.1.2. Inclinação Transversal do Leito da Estrada.....	56
4.1.3. Regularização de Subleito.....	57
4.1.4. Reforço de Subleito.....	58
4.1.5. Construção de Lombadas.....	59
4.1.6. Revestimento Primário.....	60
4.1.7. Obras Complementares.....	61
4.1.8. Drenagem das Águas Pluviais.....	62
4.1.8.1. Sarjetas.....	62
4.1.8.2. Canaletas de Concreto Armado ou Pré-moldados.....	65
4.1.8.3. Escadas ou Descidas D'água.....	66
4.1.8.4. Bueiros Tubulares ou Celulares.....	66
4.1.9. Tipos de Processos de Compactação.....	67
4.1.9.1. Compactação sem Controle Tecnológico.....	67
4.1.9.2. Compactação Controlada.....	69
4.1.10. Revestimento Primário.....	71
4.1.11. Aplicação do Material Granular.....	72
4.1.12. Espaçamento entre Bacias de Captação, Lombadas e Terraços.....	74
4.1.13. Intervenções com a Suavização de Taludes de Corte.....	75
4.1.13.1. Áreas de Empréstimo (Jazidas).....	75
4.1.13.2. Limpeza na Faixa de Corte.....	76
4.1.13.3. Locação na Faixa de Corte/Aterro.....	76
4.1.14. Intervenções com Retaludamento (bota-fora).....	77
4.1.14.1. Na Adequação de Taludes e Leito.....	77
4.1.14.2. Na Adequação de Taludes.....	77
4.1.14.3. Na Elevação do Leito.....	78
4.1.15. Intervenções sem Retaludamento.....	79
4.1.15.1. Adequação de Taludes.....	79
4.1.15.2. Regularização do Leito.....	79
4.1.16. Locação da Plataforma da Estrada.....	80

4.1.17. Demarcação dos Trabalhos de Execução.....	80
4.1.17.1. Locação da Plataforma da Estrada.....	80
4.1.17.2. Abaulamento da Pista de Rolamento.....	81
4.1.17.3. Regularização da Plataforma da Estrada.....	81
4.1.17.4. Verificação.....	82
4.1.17.5. Locação e Construção de Lombadas.....	83
4.1.17.6. Locação e Construção de Terraços.....	84
4.1.17.7. Locação e Construção de Bacias de Captação.....	86
4.2. Quanto ao Tipo de Recursos Utilizados.....	88
5. A MANUTENÇÃO DE ESTRADAS RURAIS.....	90
5.1. Relativas aos Movimentos de Terra.....	91
5.2. Relativas à Faixa da Plataforma.....	91
5.3. Relativas aos Sistemas de Drenagem.....	92
5.4. Relativas às Faixas Livres e Cercas de Divisa.....	92
5.5. Relativas à Sinalização.....	92
5.6. Relativas a Obras de Travessias (Ponte e Galerias).....	92
5.7. Os 10 Problemas mais Comuns da Manutenção.....	94
5.7.1. Fatores Climáticos.....	94
5.7.2. Condição de Tráfego.....	94
5.7.3. Forma de Manutenção.....	94
5.7.4. Seção Transversal Inadequada.....	95
5.7.5. Falta de Drenagem.....	95
5.7.6. Costelas ou Corruções.....	96
5.7.7. Poeira.....	97
5.7.8. Trilhas de Rodas.....	97
5.7.9. Segregação de Agregados.....	98
5.7.10. Queda de Barreiras.....	99
5.8. Técnicas de Manutenção.....	100
5.8.1. Manutenção de Rotina.....	101
5.8.2. Manutenção Emergencial.....	101
5.8.3. Manutenção Corretiva.....	101
5.8.4. Manutenção Preventiva.....	102
5.9. Programa de Manutenção Preventiva.....	102
5.9.1. No Uso do Encascalhamento.....	103

5.9.2. Processo de Compactação do Solo.....	103
6. OS EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NAS OBRAS.....	105
6.1. Recomendações sobre a Operação dos Equipamentos.....	107
6.1.1. Observação Final.....	108
6.2. Conceitos de Manutenção dos Equipamentos.....	109
6.3. Definição e Importância da Manutenção dos Equipamentos.....	111
6.4. Tipos de Manutenção dos Equipamentos.....	111
6.5. Indicadores de Desempenho de Equipamentos.....	112
6.6. Tabela de Rendimento Operacional e de Consumo de Equipamentos.....	113
6.7. Recomendações sobre a Segurança do Operador.....	115

INTRODUÇÃO

Esta publicação destina-se a apresentar informações para planejamento, projeto e execução de atividades de adequação de estradas rurais, bem como sua manutenção, detalhando os tipos mais comuns de problemas envolvidos.

Considera-se, de forma especial, ser a estrada rural (de terra) uma intervenção humana de reconhecido interesse social e econômico coletivo, que deve levar em conta as inter-relações entre o solo, que constitui o seu assentamento construtivo, e a água das chuvas, que, inevitavelmente, deve circular pela superfície, com o mínimo de interferências no leito da estrada, até porque, em muitas dessas ocorrências, o escoamento das águas das chuvas leva até à inutilização da via como meio de circulação, além de gerar interferências permanentes e indesejáveis ao ambiente.

Levando em conta os múltiplos aspectos envolvidos nessa visão, esta publicação apresenta técnicas e procedimentos como diretrizes básicas para técnicos e engenheiros, na execução de atividades de adequação e de manutenção para a conservação de estradas rurais (de terra), com regras e recomendações que procurem minimizar esses problemas.

Para isso, procurou-se estruturar esta publicação com os seguintes itens:

- A Estrada Rural e suas inter-relações com o Ambiente;
- Aspectos Gerais, Definições e Conceitos;
- O Projeto das Obras de Adequação;
- A Execução das Obras de Adequação;
- A Manutenção da Estrada Rural e
- Os Equipamentos utilizados nos serviços e obras.

Considera-se assim o alto custo de uma pavimentação mais permanente e a necessidade de manter a trafegabilidade dessas estradas como condição de acesso a lugares mais remotos, sendo dessa forma de vital importância a avaliação

e a colocação em prática de alternativas tecnológicas para sua adequação e manutenção em condições que promovam benefícios mais duradouros para a sociedade. As estradas rurais de terra continuarão a ser a via de acesso para as propriedades rurais mais distantes, para o escoamento da produção agropecuária, para o transporte de matérias-primas e para os mais simples e vitais interesses dessas comunidades.

No mais, o autor desta publicação espera que este texto seja útil a todos que dela façam uso, tendo buscado uma integração equilibrada entre aspectos práticos e teóricos relacionados ao tema, que reflitam a sua experiência profissional e para tornar dinâmica a atualização dos itens abordados, no site www.codasp.sp.gov.br estão disponíveis materiais e fontes complementares para consultas, contando para isso com a colaboração de especialistas de diversas áreas.

1. A ESTRADA RURAL E SUAS INTER-RELAÇÕES COM O AMBIENTE

O conjunto de conhecimentos trazidos pela abordagem ambiental demonstra que a construção (e/ou recuperação) de estradas rurais de terra não pode continuar a ser tratada como um simples “alisamento de terreno para possibilitar a rodagem de veículos”.

Diante desse anseio de oportunidades de ganhos, como impulso positivo da sociedade na busca do desenvolvimento e de melhor qualidade de vida, a abordagem ambiental passou a evidenciar e tornou-se um excelente instrumento pela percepção e conhecimento, para o entendimento das interdependências existentes entre os múltiplos elementos desse sistema ambiental.

A identificação dessas interdependências tem permitido a ampliação dos conhecimentos para a avaliação de causas e consequências, por muitos ainda considerados apenas como

custos, mas que começam a serem percebidas com mais clareza, como a garantia da continuidade dos benefícios no uso dos recursos naturais renováveis.

A esse processo deu-se o nome de sustentabilidade e procurou-se representar de forma visualmente didática, para aplicação ao tema desta proposta, pelas situações mostradas na Figura 1 abaixo.

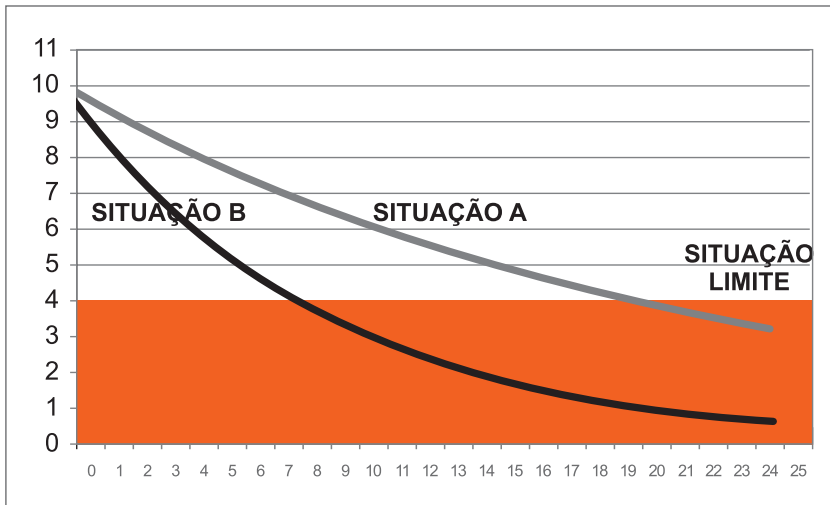


Figura 1 - Gráfico de Diferentes Situações de Sustentabilidade

A curva B da figura acima representa a situação em que os recursos naturais (solo, água, nutrientes do solo, produtividade), todos conjuntamente necessários para a produção agrícola, são exauridos em pouco tempo sem que existam as condições para a sua reposição natural. Nessa situação, os custos de produção aumentam, diminui a rentabilidade do produtor, a terra degradada perde valor para a produção e o ciclo completa-se, em geral de forma dramática com o abandono da terra.

Já a curva A dessa mesma Figura 1 representa outra situação em que os recursos naturais (solo, água, nutrientes do solo, produtividade), são mantidos por processos de reposição natural, garantindo assim a continuidade da

produção agrícola e o retorno para o produtor por um tempo bem mais longo.

Um exemplo de alta relevância dessa forma de sustentabilidade ambiental é amplamente demonstrado pelo Programa "Cultivando Água Boa" operado pela Itaipu Binacional. Esse programa, mantido com recursos dos royalties da geração de energia originados da Lei Federal 7990 de 28 de dezembro de 1989, é realizado na área denominada Bacia Paraná III, situada na região oeste do Estado do Paraná, com uma área de 8.389 km² e que abrange 28 municípios, na margem brasileira do lago da Barragem de Itaipu, conforme Figura 2 abaixo.

Por meio do Programa Cultivando Água Boa, foram sendo permanentemente incentivadas e apoiadas ações em agricultura familiar, nessa parcela do oeste do estado do Paraná, envolvendo: conservação e recuperação do solo, controle na destinação de resíduos da produção rural e incentivos diretos para a recomposição de áreas de preservação permanente no entorno do lago da barragem, ampliando, sob as mais variadas formas, as alternativas de permanência desses produtores em suas áreas rurais.

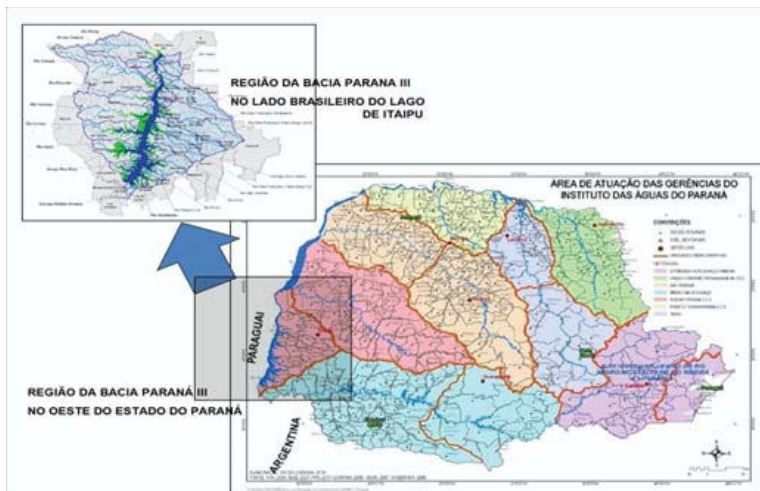


Figura 2 – Mapa da Bacia do Paraná e destaque para a região Paraná III

Como consequência positiva desse programa, além dos benefícios sociais e econômicos, que mantém uma expectativa de vida futura bastante positiva para as famílias e produtores rurais estabelecidos nessa região, recente reavaliação das condições do lago da barragem Itaipu, realizada pela Itaipu Binacional, mostrou um aumento da projeção da vida útil do volume útil desse reservatório nesses anos: dos 120 anos previstos inicialmente na época da implantação da barragem em 1975, para 300 anos em 2012.

Ou seja, graças às atividades de conservação do solo, toda a região sudeste e sul do Brasil tem a garantia da produção de energia elétrica, pela maior hidroelétrica do planeta, por mais 180 anos, além do que era anteriormente previsto!

Essa informação tem uma relevância fantástica para demonstrar a necessidade da ampliação dos nossos conhecimentos sobre a identificação de interdependências entre os elementos do sistema ambiental, permitindo uma avaliação objetiva de causas e consequências, para que deixem de ser consideradas apenas como custos, sendo assim tratadas, com mais clareza, como garantia da continuidade dos benefícios que os recursos naturais renováveis podem possibilitar para a sociedade.

Esse mesmo conceito, aplicado de forma específica ao estudo das intervenções humanas no ciclo da água, por DREW (2011) no texto “Processos Interativos Homem-Meio Ambiente” (2011), destaca de forma bastante adequada, diferentes níveis de impactos decorrentes dessas intervenções humanas no sistema ambiental, com seus reflexos no regime hidrológico dos cursos d’água e no meio físico da bacia hidrográfica, em que ocorre o escoamento e a armazenagem hídrica nas várias etapas do ciclo hidrológico.

A Figura 3 abaixo destaca as etapas do ciclo hidrológico que sofrem os maiores pesos de impactos das intervenções decorrentes do uso do solo, tendo sido ainda destacadas nessa figura, as linhas de inter-relações entre esses elementos e os

demais, mostrando não existir isolamento entre eles e que assim, os impactos em elementos diretamente atingidos pela intervenção humana, provocam diversos reflexos em outras partes do sistema ambiental.

Alguns aspectos relevantes dessas inter-relações dizem respeito:

- à identificação da unidade "bacia hidrográfica" como parcela do território em que é possível dimensionar e monitorar transferências e depósitos próprios da água que nela circula;
- à água como elemento em movimento nesse sistema, cuja alteração nas condições de equilíbrio natural - em grande parte provocadas por atividades humanas - faz com que ela seja fator gerador de impactos e
- por outro lado, já são bem conhecidas das ciências agrárias diversas tecnologias como, terraceamento, construção de curvas de nível, plantio direto, cobertura morta e outras, como alternativas que favorecem a infiltração da água das chuvas no solo, a recarga do lençol freático e o aumento do tempo de permanência da umidade e dos nutrientes na zona produtiva do solo.

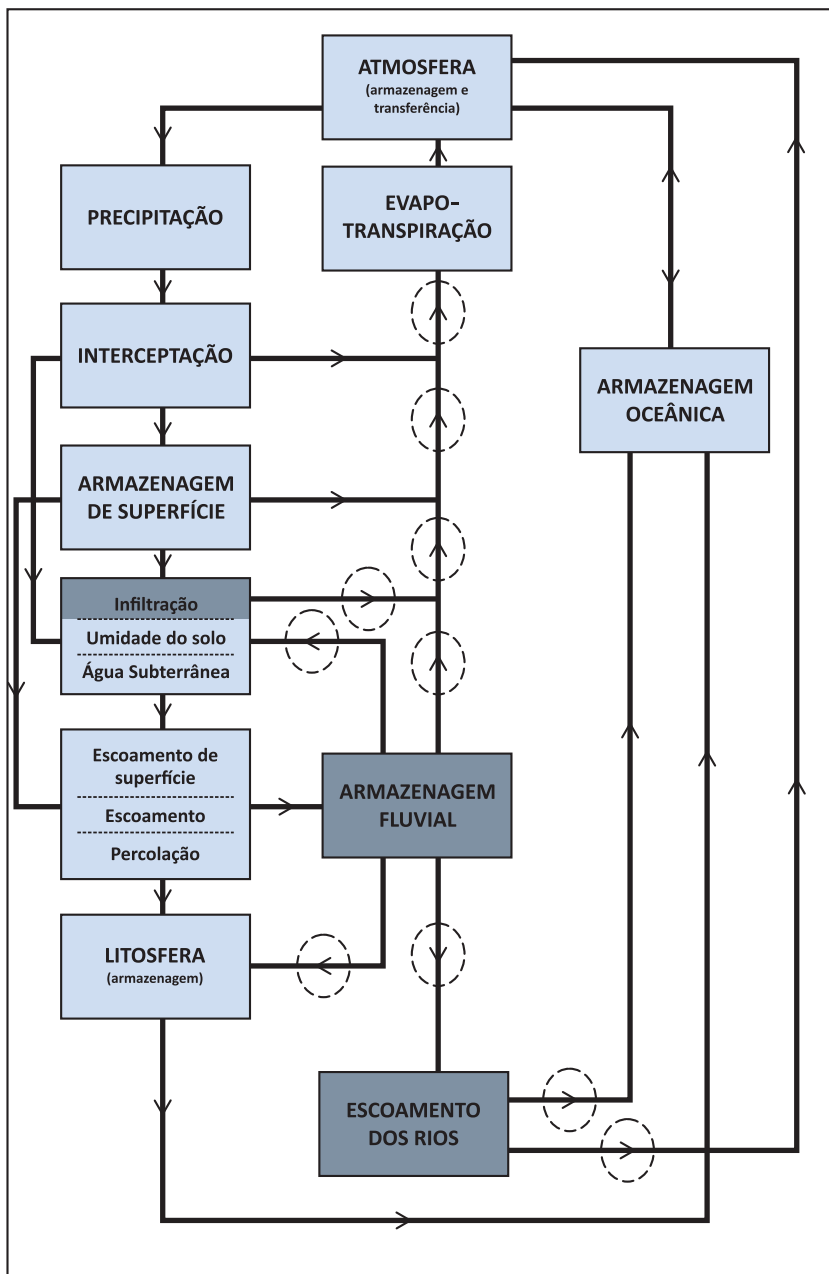


Figura 3 – Representação do ciclo hidrológico, com destaque dos mais importantes impactos da intervenção humana, segundo DREW (2011)

Conforme conceitualmente destacado acima e mostrado pela Figura 4 abaixo, a água, pela sua movimentação no ciclo hidrológico, caracteriza-se quase sempre como elemento determinante de diversos processos que podem tanto fortalecer como destruir o potencial produtivo do solo.

CAUSAS E EFEITOS DO DESCONTROLE DO USO DO SOLO

USOS DO SOLO	AUMENTO DO NÍVEL DOS RIOS NAS CHEIAS	DESEMPREGO E ABANDONO DA ZONA RURAL
EXPLORAÇÃO DO SOLO SEM O RECONHECIMENTO PRÉVIO DA SUA CAPACIDADE DE USO	EXTRAVASAMENTO DO LEITO COM INUNDAÇÕES	AUMENTO DE INCIDÊNCIA DE DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA
NÃO RECONHECIMENTO DE CONDIÇÕES DO SOLO	AFETAMENTO DE ESTRADAS RURAIS	INSEGURANÇA
DESEQUILÍBRIOS DECORRENTES DA AÇÃO ANTRÓPICA	ALTERAÇÃO QUALI QUANTITATIVA DA ÁGUA	INTERRUPÇÃO DO TRANSPORTE DE PESSOAS E DE PRODUÇÃO
DESMATAMENTO	DIMINUIÇÃO DA PRODUTIVIDADE DO SOLO	EFEITOS NA PRODUÇÃO E NA VIDA AQUÁTICA
AUMENTO DA VELOCIDADE DOS ESCOAMENTOS NATURAIS	ASSOREAMENTO	CUSTOS DE RECUPERAÇÃO E RECONSTRUÇÃO
EROSÃO	AUMENTO DOS RISCOS AMBIENTAIS	AUMENTO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL
OCUPAÇÃO DAS VÁRZEAS	AUMENTO DOS RISCOS SOCIAIS	AUMENTO DA VULNERABILIDADE SOCIAL
OCUPAÇÃO DE ÁREAS DE TRANSBORDAMENTO NATURAL DOS RIOS	AUMENTO DOS RISCOS ECONÔMICOS (MENOR PRODUTIVIDADE)	AUMENTO DA VULNERABILIDADE ECONÔMICA
FRAGILIDADE DOS ELEMENTOS DO SISTEMA AMBIENTAL: SOLO E VEGETAÇÃO NATURAL	AUMENTO DOS RISCOS HUMANOS	AUMENTO DA VULNERABILIDADE POLÍTICA

Figura 4 – Uso inadequado do solo e suas consequências no ambiente

Alguns exemplos bastante reconhecidos desses processos, que têm gerado crescentes impactos e custos para as mais diferentes atividades humanas, são listados abaixo:

- erosão do solo e do leito de estradas;
- assoreamento de cursos d'água;
- assoreamento de reservatórios e redução do seu volume útil;
- lixiviação do solo pela água em excesso;
- alteração do equilíbrio água-solo-oxigênio, com influência na produtividade agrícola;
- redução de processos naturais de infiltração, pela ausência de cobertura vegetal;
- água em falta no solo, pela redução da infiltração;
- cheias alteradas pela ausência de processos de conservação no uso do solo;
- aumento da temperatura do solo pela ausência de proteção de cobertura natural;
- redução da recarga do lençol freático pela redução da infiltração;
- o lençol freático como fonte natural de abastecimento do rio na estiagem;
- alteração do regime hidrológico do rio como água de uso na bacia;
- escassez ou ausência de água corrente em épocas de estiagem;
- outros processos de alteração natural que afetam as atividades humanas.

Esse conjunto de processos acima, todos contínuos e inter-relacionados na unicidade do sistema ambiental, mostra que mesmo que a ação humana não ocorra diretamente no sistema hidrológico, as causas e as consequências dessas intervenções terão influência na condição do regime natural dos cursos d'água e nas condições de produtividade do solo.

1.1. A Estrada Rural de Terra como Intervenção no Meio Ambiente

Diante da abordagem acima, além dos aspectos de ordem social e econômica, e em uma visão do sistema ambiental envolvido, deve-se destacar que a água pluvial, como elemento circulante do ambiente, é causadora de erosão do solo e do leito das estradas rurais (de terra), pelo que o seu controle e orientação adequados é a forma mais direta e eficaz de minimizar os fatores envolvidos, com destaque para:

- redução dos custos de conservação dessas estradas rurais de terra;
- redução dos custos de recuperação dessas estradas atingidas por erosão;
- redução dos custos de recuperação de problemas de erosão, seja em áreas de produção, bem como quando elas aparecem no leito da estrada;
- aumento da vida útil da estrada rural;
- continuidade dos benefícios por ela propiciados, mesmo em épocas de chuvas;

Cabe destacar, ainda, os benefícios indiretos dessa orientação adequada das águas pluviais;

- redução do assoreamento do leito do rio, na mesma bacia em que a erosão deixa de existir;
- continuidade dos usos propiciados pelo rio na propriedade rural, tais como, pesca e recreação, além do próprio uso da água, entre outros;
- a orientação adequada das águas pluviais, de forma geral, está associada à construção de dispositivos que fazem aumentar a infiltração da água no solo;
- a infiltração dessas águas no solo reduzem as cheias do escoamento superficial, bem como as ocorrências que colocam em risco as pessoas e seus bens;
- o aumento da infiltração das águas no solo fazem manter por mais tempo a umidade na zona produtiva do

solo, favorecendo o desenvolvimento da vegetação de forma geral;

- a infiltração dessas águas no solo aumenta a recarga do lençol freático, contribuindo diretamente para o aumento da disponibilidade do rio em épocas de estiagem.

Por outro lado, e tão importante na visão dos usuários, a estrada rural constitui-se em um importante componente da infraestrutura rodoviária para prover, especialmente às localidades mais distantes, um fluxo regular de mercadorias e de serviços, permitindo a fixação e o desenvolvimento das comunidades rurais. Assim, as estradas rurais devem ser mantidas e conservadas de modo a provocar o menor impacto no meio ambiente.

Em geral, a grande maioria das estradas situadas nas zonas rurais foi aberta por colonizadores que se orientaram por critérios de estrutura fundiária e pelas facilidades de transposição de obstáculos do terreno, critérios esses que deixaram brechas para o surgimento de processos erosivos prejudiciais aos terrenos em geral e de forma muito direta para as pistas de rolamento das estradas e às áreas marginais, com os reflexos ambientais acima relatados.

Há também neste relato a abordagem econômica, pois menos do que 10 % do total das estradas de rodagem existentes no Brasil são pavimentadas, ou seja, pelos custos envolvidos, torna-se impensável adotar-se como alternativa técnica a pavimentação de toda essa malha viária como prioridade do setor. Torna-se necessária, portanto, a melhoria das condições de trafegabilidade da rede das estradas rurais vicinais de terra, com a regulamentação e disseminação de critérios técnicos que envolvem as ações de recuperação, conservação e da sua operação em caráter permanente.

Atualmente há um reconhecimento de que a melhoria nas condições de tráfego das estradas rurais (de terra) está associada tanto à sua durabilidade como com a redução nos

custos de manutenção que propiciem aos usuários condições de transporte da produção agropecuária, além do acesso aos serviços sociais (saúde, educação, cultura, lazer etc.)

Manter a condição de tráfego na adequação das estradas rurais é a essência da mobilidade e o objetivo das recomendações deste texto.

Ampliando nossa visão sobre os efeitos de todas essas ações, a recuperação e a manutenção da malha viária rural deve resultar em uma significativa redução da degradação da bacia hidrográfica, com a conservação dos cursos d'água e da disponibilidade de água na região dessas estradas.

A condução do trabalho de gestão das estradas rurais, em especial as de terra, pela sua alta susceptibilidade à degradação, deve resultar em estradas com maior durabilidade, pelo fato de se levar em consideração, como critério de projeto, além da redução do escoamento das águas pluviais no seu leito, também as áreas laterais diretamente envolvidas na área de contribuição da drenagem superficial. Com isso, haverá maior segurança nas obras executadas, mantendo-se assim o foco na recuperação e na conservação ambiental da área de influência do projeto a ser implantado.

Ao se estabelecer planos e programas de adequação e conservação das estradas rurais de terra, são levados em consideração parâmetros técnicos, socioeconômicos e ambientais, prevendo a integração das práticas de manejo e uso dos solos das áreas marginais, com o dimensionamento adequado das medidas relacionadas ao tratamento do solo, que proporcionem o controle do escoamento superficial, para aumento da taxa de infiltração, reduzindo-se assim, a possibilidade de formação e desenvolvimento de processos de erosão laminar e de suas consequências mais graves.

Dessa forma, a tecnologia proposta visa a inclusão das faixas laterais da estrada e, com isso, a estrutura a ser implantada, em grande parte dos casos, pode exigir

um investimento inicial para construção de estruturas que aumentam o armazenamento superficial das águas pluviais com a finalidade de reduzir a velocidade dos escoamentos e subdividir o volume do deflúvio superficial, para favorecer a sua infiltração no solo, com retornos de longa durabilidade e redução dos custos de manutenção.

Dessa forma, o presente texto propõe descrever técnicas de manejo de estradas rurais de terra, com o objetivo de potencializar seus benefícios e minimizar os seus impactos no ambiente, mantendo o princípio da sustentabilidade da bacia hidrográfica, como unidade de gestão do sistema produtor do recurso hídrico.

Subsídios Complementares

E como forma complementar de permitir uma avaliação mais detalhada dos aspectos e inter-relações acima relatadas, no site www.codasp.sp.gov.br será disponibilizada a pasta **Água, Solo e Ambiente**, com textos e materiais específicos para consultas, considerando, de forma especial os múltiplos desdobramentos originados da legislação ambiental e da instalação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

2. ASPECTOS GERAIS DAS ESTRADAS RURAIS

Pelos critérios apresentados nos capítulos anteriores e antes de se chegar à abordagem dos aspectos relativos ao projeto e obras de adequação das estradas rurais, é importante considerar o repasse de alguns, digamos “aspectos organizadores”, das recomendações técnicas apresentadas.

Nesse sentido, este capítulo é iniciado com um resumo, quase revisão, da abordagem dos capítulos anteriores, relativo à importância das estradas rurais, apresentando ao leitor um conjunto de definições que, embora de uso corrente, muitas vezes não tem o mesmo entendimento, principalmente pela origem da formação profissional de quem os aborda, razão pela qual entendeu-se que deveriam ser explicitados para consultas futuras dos usuários deste texto.

Em seguida serão abordados alguns aspectos da classificação das estradas rurais e aspectos de relevância para a sua caracterização.

Em seguida, visando estimular a percepção para os chamados problemas do dia a dia, será apresentado, como resultado da longa vivência do autor, um conjunto denominado de “Problemas mais comuns nas Estradas Rurais”. Dessa forma, o objetivo da apresentação do conjunto de itens destacados neste capítulo é o de propiciar uma ampla abertura para a avaliação inicial e para o enquadramento dos mais diferentes casos com que o profissional venha a se deparar.

E para finalizar este capítulo, será abordado o aspecto do Cadastramento de Prioridades, como base necessária para organizar a realização da atividade de gestão das estradas, que auxilie na orientação das decisões a serem tomadas, destacando-se a separação entre situações emergenciais, que serão objeto de atenção em conjunto com a Defesa Civil, e o planejamento da aplicação de recursos que garantam a continuidade, em caráter permanente, dos benefícios esperados da estrada rural.

2.1. A Importância da Estrada Rural

Conforme diferentes interesses com que se possa analisar uma estrada rural, podem-se identificar diversos atributos de importância conforme segue, podendo ela ser apoio para:

- Incentivar a continuidade da produção na propriedade rural.
- Interligar fontes de produção com áreas de consumo.
- Promover a interligação econômica e territorial do município.
- Assegurar o livre acesso e os benefícios da qualidade de vida na área rural.

Outro ponto de vista para análise da sua importância pode ser o do desenvolvimento municipal, podendo ela ser o apoio para:

- Promover a ocupação territorial;
- Induzir ou facilitar alterações da estrutura fundiária;
- Possibilitar formação de núcleos habitacionais;
- Facilitar assistência ao cidadão (proprietários e trabalhadores rurais);
- Promover o estímulo à produção agropecuária.

Definições Básicas

Ao colocar as definições básicas no capítulo inicial deste texto, o autor tem em vista que, conforme a formação técnica do leitor, podem existir entendimentos diferenciados para alguns, dos itens abordados e, dessa forma, a apresentação dessas definições exime o autor da necessidade de explicação dos mesmos cada vez que forem citados.

O que é Estrada rural (de terra)?

É a via de circulação (municipal) que interliga a área rural ao sistema viário urbano e/ou ao sistema viário estadual e federal. Dessa forma, são vias alimentadoras dessas interligações.

O que é manutenção?

É o conjunto das atividades desenvolvidas para manter as condições de utilização da estrada rural, com os benefícios dela decorrentes, procurando maximizar a vida útil das mesmas, com a minimização do investimento realizado na malha rodoviária.

Nesse sentido, a manutenção envolve serviços de natureza leve, tais como, necessidade de pequenos reparos de lombadas, de terraços, de bacias de captação, de sarjetas, do abaulamento da pista de rolamento, bem como a eventual necessidade de reposição de material granular e reparos do sistema de drenagem, a partir de uma vistoria de rotina.

O que é conservação?

É o conjunto de ações praticadas, visando a recuperação ou mesmo adequação das Estradas Rurais após definição de um programa executivo que pode ser composto de ações corretivas, podendo ser de rotina ou emergenciais.

O que é recuperação?

É o conjunto de atividades necessárias para transformar uma estrada rural, que se encontra em estado crítico, nas quais existem situações de riscos em sua utilização, para uma estrada que apresente riscos mínimos em qualquer situação, especialmente quanto às variações climáticas. São atividades que envolvem técnicas de ajuste de traçado, adequação ao tipo de tráfego que a utiliza, separação total entre o escoamento das águas das chuvas e o leito de trânsito da via, ajustes e melhorias quanto à visibilidade, sinalização e medidas de segurança.

O que é adequação?

É o termo utilizado neste texto para designar um determinado conjunto de serviços e/ou de obra, dimensionados em projeto,

que promovam a melhoria das condições de durabilidade da estrada rural, com a consideração de critérios ambientais.

2.2. A Classificação das Estradas Rurais

1) Quanto à classificação, as Estradas Rurais Vicinais de Terra são separadas em:

- Estrada Radial – são as estradas que interligam a sede do município com o seu limite e/ou até outro município vizinho;
- Estrada Transversal – são as estradas que interligam estradas do tipo radial;
- Caminho ou Carreador - são estradas de acesso e de uso mais restrito, que interligam e permitem o acesso entre glebas isoladas até uma via municipal, estadual ou federal.

Além desses tipos, as estradas rurais podem ainda ser classificadas em função de outros aspectos:

2) Pela sua importância:

- Assegurar o acesso vicinal;
- Promover a interligação demográfica e territorial do município;
- Interligar as fontes de produção, mercado e consumo;
- Assegurar o livre acesso do trânsito na área rural.

3) Pelo destaque para o desenvolvimento municipal:

- Ocupação territorial;
- Proporciona maior e melhor distribuição da estrutura fundiária;
- Possibilita formação de núcleos habitacionais;
- Facilita a assistência ao cidadão (produtores/ proprietários e trabalhadores rurais);
- Promove e possibilita estímulo à produção agropecuária.

2.3. Outros Aspectos de Caracterização das Estradas Rurais

Embora não sejam utilizados como critérios para a classificação das estradas rurais, alguns outros aspectos são relevantes para serem considerados nos projetos de recuperação e em atividades de manutenção, podendo ter pesos diferenciados conforme as características de cada região:

- O Comprimento da rampa no traçado da estrada rural é um importante fator gerador de erosão do solo, com conseqüente aumento dos riscos no seu uso;
- Longos trechos em áreas planas por serem mais sujeitas a inundações e que apresentam maior dificuldade de conservação;
- Longos trechos em áreas montanhosas com declividades superiores a 10% por exigirem obras de contenção de encostas e de drenagem mais custosas.
- Quanto à avaliação da Capacidade de Suporte, considerando-se as condições de drenagem e a condição de rolamento e aderência.

Considera-se como estrada com boa capacidade de suporte aquela que apresente pista de rolamento com baixa deformação, ou seja, ausência de lama em épocas de chuvas, afundamentos localizados, ondulações transversais, rodeiros e facões.

Considera-se como estrada com boa condição de rolamento e aderência aquela estrada que possua pista sem irregularidades, com ausência de buracos e sem material solto.

Considera-se como estrada com boas capacidades de drenagem aquela que mantenha condições de tráfego, seja no período das secas ou em período de chuvas, oferecendo

o livre trânsito ao usuário, em qualquer horário do dia ou da noite.

2.4. Problemas mais Comuns nas Estradas Rurais Existentes

As situações visíveis dos defeitos que ocorrem na pista de rolamento das estradas rurais de terra são decorrentes, de forma geral, de fatores climáticos (chuvas), condição de tráfego ou de formas de manutenção inadequadas. Podemos descrever cada um destes fatores, correlacionando-os com suas principais causas:

- a) Fatores Climáticos** - a água das chuvas umedece e encharca o solo da pista de rolamento, diminuindo sua capacidade de suportar a carga e quando corre por sua superfície, arranca material, transporta e deposita em outro local, fazendo surgir buracos e valas;
- b) Condição de Tráfego** – a movimentação de veículos aplica tensões fazendo surgir deformações na estrada;
- c) Forma de Manutenção** – muitas vezes a intervenção com máquinas de terraplenagem, sendo mal orientada, poderá produzir resultado inverso do que é esperado, causando redução da capacidade de suporte da pista, alteração da drenagem, etc.

Os tipos de defeitos que abordaremos são os mais usualmente identificados em diversas publicações literárias, tais como:

1) Seção Transversal

Devido ao surgimento de buracos e valas no leito da estrada, por causa de superfície sem inclinação para as laterais da pista, fazendo com que a água das chuvas escoe para dentro da estrada.



Foto mostrando pista de rolamento danificada por problemas de drenagem

2) Falta de Drenagem

Faz com que a água da chuva escoe pela superfície da plataforma da estrada, fazendo surgir valetas e processos de erosão, principalmente em áreas lindeiras ao longo do trecho.



Foto mostrando situação de escoamento que pode dar origem a processo de erosão.

3) Costelas ou Corrugações

As corrugações são defeitos também conhecidos por costeletas, que são ondulações transversais na pista, com distanciamento regular entre elas, provocadas pelos esforços dinâmicos dos veículos que por ela trafegam. As distâncias e profundidades destas ondulações variam em função do material que constitui a estrada e do tipo de veículos que por ela trafegam. Suas dimensões giram em torno de 50 cm entre ondas e 2,5 cm de profundidade.

4) Poeira

A ação abrasiva dos pneus sobre o leito da estrada faz com que se desprendam partículas e estas formam um material fino desagregado que sobe em forma de nuvens, com a sucessiva passagem de pneus dos veículos. Conforme a intensidade desta poeira haverá risco de acidentes. Este defeito é bastante comum em épocas de seca.

5) Trilhas de Rodas

Surgem com a passagem persistente de pneus de veículos pesados, principalmente em época de chuva, pela mesma região da pista, diminuindo a capacidade de suporte do solo em todo o corpo do aterro.



Foto mostrando situação de má capacidade de suporte da pista de rolamento e o surgimento de trilhas.

6) Segregação de agregados (material granular)

A ação abrasiva do tráfego faz com que se soltem os agregados maiores, formando-se bermas nas laterais e no centro da estrada. Essa segregação de agregados decorre do tipo de material utilizado no revestimento da estrada, bem como da forma da sua aplicação, podendo ser agravado pela forma de manutenção da via.



Foto mostrando segregação de material aplicado, evidenciando desperdício

7) Queda de Barreiras

É normalmente provocada pela inclinação do talude do corte ou do aterro na lateral da via, sem levar em conta o tipo de solo ali existente. As rupturas, desmoronamentos e deslizamentos dessas faixas desprotegidas vão ocorrer em épocas de chuvas.



Foto mostrando queda de barreira provocada pela falta de conservação do solo, em área de contribuição da estrada

Além dos fatores acima, devem ser ressaltados outros tipos de problemas decorrentes de manutenção inadequada:

- Caminhos precários que sofreram processos de “conservação”, conferindo às mesmas o traçado atual;
- Rampas íngremes e travessias de talwegues;
- Práticas de manutenção com uso exclusivo de patrulagem, originando greides encaixados no perfil do terreno;
- Espalhamento de material granular irregular sobre o leito da via, por exemplo, com entulho de construção;
- Inexistência de sistema de drenagem.



O comprimento das Rampas

Foto mostrando erosão originada de greide encaixado no perfil do terreno

O quadro abaixo estabelece algumas relações entre os problemas mais comuns acima citados, com as suas causas e algumas alternativas para sua correção.

Problemas	Causa	Alternativa para Correção
Baixa Capacidade de suporte	Deficiência técnica no subleito ou na camada de reforço ou em ambos	Aplicar materiais granulares
Má condição de rolamento e aderência	Quase sempre o problema na camada de revestimento	Esparramar e compactar a mistura de material granular, com material ligante (argila).
Sistema de drenagem deficiente (atoleiros e erosões)	Escoamento difuso ou concentrado das enxurradas. Falta de drenos profundos	Implantar sistema de drenagem (superficial ou profundo)

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

Considerando o enorme poder destrutivo que estas águas têm sobre as estradas de terra, as obras de drenagem

adquirem um papel fundamental, que tem os seguintes objetivos:

- Diminuir a quantidade de água conduzida através da estrada, por meio de obras tais como: canaletas, lombadas, instalação de tubulação fluxo transversal, saídas laterais conduzindo às estruturas de armazenamento - terraços ou bacias de captação, bueiros, passagens molhadas, etc.
- Proteger a pista de rolamento das águas que corram diretamente sobre ela, dando normalmente o abaulamento transversal da pista, conduzindo aos canais de drenagens laterais, tomando o cuidado de fazer sua proteção quando estes forem construídos em grande extensão e principalmente com declividade acentuada.

Cadastramento de Prioridades

Para finalizar este capítulo, será abordado no Capítulo 3, ítem 3.9, o aspecto do Cadastramento de Prioridades, como base necessária para organizar a realização da atividade de gestão das estradas, que auxilie na orientação das decisões a serem tomadas, destacando-se a separação entre situações emergenciais, que serão objeto de atenção em conjunto com a Defesa Civil, e o planejamento da aplicação de recursos que garantam a continuidade, em caráter permanente, dos benefícios esperados da estrada rural.

3. O PROJETO DE ADEQUAÇÃO DE ESTRADAS RURAIS

Na seqüência deste texto serão apresentados, nos capítulos 3, 4 e 5, os detalhamentos dos itens que descrevem as atividades mais usuais de engenharia, relacionadas com as estradas rurais de terra, que são:

Capítulo 3

Subsídios relacionados com a etapa de preparação e organização das informações necessárias para a elaboração e apresentação de um projeto, especialmente quando a atividade está prevista para ser contratada;

Capítulo 4

Subsídios relacionados com a etapa de instalação e execução de obra de adequação de estrada rural de modo a realizar o projeto previsto para obter os resultados pretendidos.

Capítulo 5

Subsídios relacionados com atividades de manutenção. Nesse caso, considerando-se que a estrada rural já esteja em condições prévias de conservação, que dispense a execução de obras e/ou serviços de adequação.

3.1. Passo a Passo para a Elaboração do Projeto

Para elaboração do projeto, deve-se levar em consideração os seguintes passos:

- 1- Levantamento Planialtimétrico Cadastral Georreferenciado.
- 2- Elaboração do projeto Georreferenciado
- 3- Licenciamento e outorga:

Quando necessário e após os levantamentos de dados de campo.

4- Pasta de obra (Execução)

- ✓ Todas as intervenções técnicas propostas no projeto;
- ✓ Diário de obras com anotações diárias das ocorrências
- ✓ Documento apropriado para anotações referentes a verificação de estruturas e execução de serviços, bem como alterações necessárias no projeto original.

5 - Elaboração do plano de obra

5.1 Dimensionamento da obra prevendo:

- ✓ Mobilização dos equipamentos
- ✓ Locação da área de limpeza
- ✓ Limpeza da área (raspagem e acúmulo de material orgânico - bota-fora).

5.2- Dimensionamento e estimativa de terraplenagem prevendo:

- ✓ corte e aterro,
- ✓ bota dentro,
- ✓ controle de erosão,
- ✓ abatimento de barrancos,
- ✓ adequação de subleito,
- ✓ regularização e formatação da plataforma,
- ✓ umedecimento,
- ✓ compactação,
- ✓ controle tecnológico, locação e construção de estruturas: sarjetas, lombadas, terraços e bacias.

5.3 Dimensionamento do revestimento primário prevendo:

- ✓ Escolha do tipo de material granular.
- ✓ Dimensionamento - quantidade de material a ser aplicado
- ✓ Compactação da Base
- ✓ Preparo e lançamento do solo-brita
- ✓ Regularização e formatação da pista de rolamento
- ✓ Umedecimento do material
- ✓ Compactação e acabamento da pista de rolamento
- ✓ Transporte e aplicação do material granular
- ✓ Agulhamento.

5.4 Dimensionamento de obras complementares preven-
do:

- ✓ Drenagem subterrânea
- ✓ Drenagem Profunda
- ✓ Tubulação de Fluxo Transversal (Dissipadores de energia)
- ✓ Cobertura Vegetal
- ✓ Contenção de Taludes
- ✓ Reparos em grandes sulcos de erosão
- ✓ Reparos em trechos de atoleiros
- ✓ Reparos em pontes, bueiros e tubulações

3.2. Caracterização do Relevo do Território

Para o reconhecimento e caracterização do relevo do território na área dos trabalhos a serem executados, deve ser elaborado mapa da região com curvas de nível, adotando-se para isso as cartas IBGE (Esc. 1:50.000) ou IGC (Esc. 1:10.000) com os detalhamentos das seguintes informações:

- traçado das bacias hidrográficas para identificação de pontos de cruzamento de cursos d'água com estradas existentes ou previstas;

- estudo das áreas de montante dos cursos d'água para cada ponto de cruzamento, com identificação da área de drenagem de montante, cotas, perfil e declividades;

- avaliação da ocupação e uso do solo para cada área de montante do item anterior;

- para os casos necessários, buscar o auxílio de especialista em dimensionamento hidrológico, tendo em vista que cada ponto desses será objeto de outorga do tipo travessia;

- dimensionamento da vazão de cheia de cada ponto para TR de 100 anos;

- proposta de obra para transposição de cada ponto.

Observar que essas informações serão necessárias como base para a decisão de outorgas das respectivas travessias.

3.3. Análise dos Tipos de Solos do Trecho de Obra

O uso de solo de boa qualidade, bem compactado pode refletir numa superfície de rolamento adequadamente mantida e dotada de eficiente sistema de drenagem, tendo como resultado estradas duradouras e com solidez estrutural, que apresentará futuramente custos mínimos para sua manutenção.

A terminologia de solos será identificada por sua textura, plasticidade, consistência ou compacidade, entre outras propriedades que auxiliam na sua identificação, como estrutura, forma dos grãos e ainda uma tradição da divisão sob o ponto de vista exclusivamente da textura, em frações diversas.

Os solos rotineiramente utilizados nas estradas rurais de terra são classificados segundo as dimensões de suas partículas, dentro de limites convencionais, cujas frações constituintes recebem designações muito próprias, em conformidade com as dimensões dos diâmetros equivalentes de suas partículas, da seguinte forma:

Frações constituintes dos solos e diâmetro equivalente de partículas

Frações Constituintes dos solos	Diâmetro equivalente entre (mm)
Pedregulho	76,0 a 2,0
Areia Grossa	2,0 a 0,42
Areia fina	0,42 a 0,075
Silte	0,075 a 0,005
Argila	Menor que 0,005

Na natureza, os solos se apresentam quase sempre compostos de mais de uma das frações acima definidas, o

que pode influir de modo marcante no comportamento geral do solo.

Quando as proporções de agregados não são adequadas, torna-se necessário proceder à estabilização granulométrica desses materiais, com a adição de outros agregados.

O objetivo é manter a mistura estável, enquadrando-a em determinados padrões para utilização, como, por exemplo, em serviços de revestimento primário.

3.3.1. Decisão de Jazidas

Os tipos de solos utilizados na recuperação e conservação das estradas rurais de terra são, na maioria das vezes, encontrados nos próprios trechos em melhoramento ou em jazidas próximas aos mesmos. Em cada região, a escassez ou abundância destes materiais depende quase que exclusivamente das características geológicas e pedológicas locais.

Os materiais encontrados nas jazidas, normalmente encontrados na natureza, são misturados em porcentagens e granulometrias diversas. Neste manual, a denominação dos materiais será dada em função da predominância granulométrica da argila, areia ou pedregulho presente na mistura.

A exploração organizada e racional dos materiais é condição essencial para a otimização dos serviços de revestimentos primários em estradas rurais de terra.

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

3.4. Licenciamento Ambiental das Obras de Adequação

Caberá ao órgão ambiental competente em cada local definir os critérios de exigibilidade quanto ao detalhamento e a complementação descrita no Anexo 2 deste Manual, levando em consideração as especificidades, os riscos ambientais, o porte e outras características do empreendimento ou atividade.

Ao elaborar esse projeto de licenciamento, para execução de serviços de adequação, recuperação ou manutenção de estradas rurais, é primordial que se realize consulta prévia à Prefeitura Municipal ou ao órgão ambiental estadual, antes de iniciar a elaboração do mesmo, visando definir a necessidade ou não dessa elaboração.

Havendo a exigência do projeto ambiental, a provável sequência para a sua elaboração será:

1) Laudo de Vistoria para Elaboração do Projeto do Licenciamento

Nesta etapa serão realizados: (1) Levantamento em Campo e (2) Relatório Final demonstrativo das informações coletadas, com os seguintes elementos:

- 1.1) Verificação do local com a marcação do código municipal ou nome de cada trecho de estrada.
- 1.2) Definição do(s) trecho(s), determinando comprimentos e larguras.
- 1.3) Identificação dos pontos inicial e final de cada trecho, com as respectivas coordenadas UTM e altitudes.

2) Projeto Técnico de Identificação de Indivíduos arbóreos isolados

Nesta etapa serão realizados: Trabalho de Campo e Relatório Final demonstrativo das informações coletadas, com os seguintes elementos:

- 2.1) - Relação das espécies com nomes vulgares e científicos, com as respectivas coordenadas UTM.
- 2.2) - Medidas do DAP (Diâmetro na altura do peito) da pessoa designada para fazer o levantamento arbóreo ;
- 2.3) - Medida da altura de fuste (Tronco);
- 2.4) - Relatório fotográfico legendado das árvores a serem removidas;
- 2.5) – Tabela com volume de madeira (sugerido em formato Excel);
- 2.6) – Identificação Cartográfica de localização dos indivíduos a serem removidos ou não;
- 2.7) – Roteiro de acesso para cada trecho de obra;
- 2.8) – ART – Anotação de Responsabilidade Técnica.

3) Projeto Técnico de Plantio:

No projeto técnico de plantio de mudas nativas para reposição e compensação devem ser levados em consideração os seguintes itens:

- 3.1) – Conforme o número de indivíduos identificados para corte será o plantio sob a forma de compensação .
- 3.2) – A compensação será realizada em área própria ou de terceiros.
- 3.3) – O Documento de Compensação será acompanhado da anuência do proprietário e da Matrícula da Propriedade atualizada.
- 3.4) – Roteiro de acesso para a Área de Plantio.
- 3.5) – ART – Anotação de Responsabilidade Técnica.
- 3.6)- Autorização dos proprietários lindeiros.

3.5. Planilha de Execução de Serviço

Como conclusão deste capítulo referente aos projetos de adequação de estradas rurais, o autor sugere o modelo de planilha a seguir, que pode ser utilizado para subsidiar a contratação de serviços de terceiros por empreitada.

Ela poderá servir como base, acrescentando-se os itens necessários ou retirando aqueles que não foram previstos:

Item	Discriminação do Serviço	Unid.	Quantid.	Preços em R\$	
				unitário	Sub-totais
A	Levantamento de Requisitos				
		Obra			
B	Levantamentos Topográficos Preliminares				
		Obra			
C	Controle tecnológico				
		Obra			
D	Locação, Acomp. e Entrega Técnica				
		Obra			
E	Transporte de Equipamentos				
		Obra			
F	Placa				
		Obra			
G	Limpeza da Área:				
G1	Raspagem, Enleçamento e Devolução	m ²			
G2	Destoca nas áreas Lindeiras (D<=0,15m)	m ²			
G3	Carga e transporte do material (Bota Fora)	m ³			
H	Adequação da Plataforma:				
H1	Corte e aterro com lâmina	m ³			
H2	Espalhamento e regularização para compactação	m ³			
H3	Compactação (sem controle rígido)	m ³			
I	Regularização da Plataforma / Leito:				
I1	Corte de Material de 1ª categoria	m ³			
I2	Transporte de material de 1ª categoria	m ³			
I3	Nivelamento e abaulamento do leito	m ³			
I4	Compactação	m ³			
J	Construção de Estruturas:				
J1	Construção de lombadas	m ²			
J2	Construção de Bacias de Captação	m ²			
J3	Construção de Terraços	m ²			
K	Revestimento Primário:				
K1	Corte de material granular	m ³			
K2	Transporte de material granular	m ³			
K3	Aquisição de Material granular	m ³			
K4	Lançamento de material granular	m ³			
K5	Espalhamento, Incorporação e regularização	m ³			
K6	Compactação	m ³			
L	Obras Complementares:				
L1	Terraceamento de Áreas de Contribuição	m ²			
P	L2 Tubulação de Fluxo Transversal	m			
	L3 Drenagem (Mac Drain TD de 100mm)	m			
	L4 Vegetação de Taludes e Canais	m ²			
P	L5 Retirada e Colocação de Cercas	m			
	L6 Canaletas de Concreto	m			
	L7 Aterro/Reposição de solo	m ³			
	L8 Base de solo fino	m ³			
	L9 Impermeabilização da pista de rolamento	m ²			
	L10 Subsolação dos terraços (bigodes) 1ª passada	m			
TOTAL					

Data e Local

Responsável Legal

Responsável Técnico

3.6. Recomendações para Preparar a Execução da Obra

Diante do exposto, torna-se de fundamental importância a definição de responsabilidade a seguir:

- Gerenciamento da Obra.
- Execução e Monitoramento.
- Plano de obra. O que fazer? - situação problema; Como fazer? - solução tipo; Com o que? Quem executará?- materiais, equipamentos e ferramenta pessoal.
- Cronograma de Execução. O que?- atividade; Quando fazer? – período de execução.
- Caderneta da Obra. Registro: horas-homem, horas-máquinas, consumo de materiais, etc. por atividade.

3.7. Anuência dos Proprietários Lindeiros da Obra

As estradas rurais de terra por si só não são capazes de romper as barreiras que levaram ao empobrecimento das comunidades, elas podem, por outro lado, ser importantes agentes indutores de crescimento e proporcionar significantes benefícios sociais e econômicos.

Sob esse ponto de vista, fica evidente a importância da construção, recuperação e manutenção das estradas rurais de terra, dentro dos princípios que a boa técnica recomenda, pautadas no firme propósito de se reduzir ao máximo os impactos ao meio ambiente com o menor custo possível.

Conforme já citado anteriormente a grande maioria das estradas rurais de terra situadas nas zonas rurais foram abertas pelos colonizadores de uma forma inadequada, por ter sido orientada basicamente pela estrutura fundiária e pelas facilidades do terreno, que em períodos de chuvas intensas, com o desenvolvimento de processos erosivos extremamente prejudiciais à pista de rolamento, áreas marginais e à sua

plataforma, causam verdadeiros transtornos aos usuários, proprietários rurais e principalmente no transporte de alunos, doenças, transporte de insumos e produção agropecuária.

Para amenizar estes problemas, em períodos de ocorrência de chuvas, há necessidade de se fazer a manutenção e mesmo recuperação destas estradas rurais e muitas das vezes, temos necessidade de incrementar trabalhos de práticas conservacionistas fora da plataforma da estrada.

As estruturas de condução (drenagem superficial da pista de rolamento) ou mesmo de armazenamento das águas captadas (construção de bacias de captação ou terraços) tem que ser construídas fora da plataforma da estrada e, para que estas estruturas sejam construídas em propriedades situadas ao longo do trecho trabalhado, elas devem ser executadas com a anuência do proprietário, visto que sem a qual, não será possível executar um trabalho que não venha trazer prejuízos ao meio ambiente, principalmente nas cabeceiras de nascentes e mesmo em área de manancial ambiental, dando suporte maior para que se realize o trabalho com segurança quanto à qualidade, durabilidade da obra e preservação do meio ambiente.

3.8. Cronograma de Execução

Antes de iniciar a execução da obra é necessário definir a seqüência de trabalho, selecionando entre os itens abaixo, aqueles a serem realizados, conforme a situação.

- a. Drenagem subterrânea.
- b. Controle de erosão.
- c. Abatimento de barrancos.
- d. Adequação de subleito.
- e. Locação e construção de bacias/lombadas/terraços.
- f. Transporte e aplicação do material granular.
- g. Agulhamento.
- h. Compactação.

- i. Reparos em grandes sulcos de erosão.
- j. Reparos em trechos de atoleiros.
- k. Reparos em pontes, bueiros e tubulações

3.9. Cadastramento de Prioridades

Não se consegue organizar nenhum serviço se não colocarmos informações no papel. Temos que realizar um levantamento o mais detalhado possível, com informações sobre as estradas que serão trabalhadas. Quanto mais detalhes, melhor. Mas se não for possível um levantamento detalhado, seria muito interessante um levantamento mais simples. Ou seja, um levantamento simples será melhor que nenhum. A primeira coisa a ser feita será demarcar todas as estradas com marcos quilométricos. Assim, vamos providenciar a colocação de uma estaca de concreto ou outro material durável, a cada quilômetro, começando-se da estaca zero. Em cada trecho de um quilômetro, anotaremos a ocorrência de dispositivos de drenagem, pontes, aterros instáveis, cortes instáveis, piso de rolamento irregular, etc. Além deste cadastramento físico, será muito importante que seja feito um cadastramento dos gastos efetuados em todas as manutenções realizadas. Isto nos dará os parâmetros necessários para a tomada de decisões. Por exemplo, quais os serviços que apresentam melhor resultado e os métodos de trabalho que resultam em melhor qualidade e durabilidade dos serviços.

Na execução dos trabalhos de adequação, visando economia de recursos, muitos não levam em consideração a capacidade de armazenamento de água de cada trecho de estrada entre cada lombada construída no leito da plataforma da estrada devendo considerar para os cálculos de dimensionamento do espaçamento entre bacias/terraços a sua capacidade de armazenamento, considerando a velocidade da água em função do declive, tipo de solo e regime de chuvas, o que pode levar a um dimensionamento abaixo

ou mesmo acima da recomendação, ocasionando situações indenizáveis futuras, como rompimento ou assoreamento frequente, dificultando sua manutenção.

Por fim, na execução de atividade ou eventos que envolvam a definição de priorização de obras e de atividades de manutenção, levando em conta os aspectos de interesse político envolvidos, devem ser observados, sempre que possível, alguns critérios como forma de maximizar os benefícios da aplicação dos recursos públicos envolvidos, sendo recomendados por experiências anteriores;

- realização de consultas prévias com representações de bairros rurais;
- essas consultas devem estar respaldadas e oferecer um panorama geral prévio da situação, com idéias de custos bem objetivas e esclarecimentos sobre as fontes dos recursos disponíveis para execução dos serviços;
- contagem de veículos usuários de cada trecho de estrada cadastrada na rede municipal e
- outros itens de interesse local.

Subsídios Complementares

E como forma complementar de permitir uma avaliação mais detalhada dos aspectos relatados neste capítulo, está disponibilizada no site www.codasp.sp.gov.br, a pasta **Subsídios para Projetos de Estradas Rurais** com textos e materiais específicos para consultas, de forma especial visando manter a atualização dos interessados sobre itens relacionados aos recursos tecnológicos disponíveis para execução de projetos.

4. A EXECUÇÃO DAS OBRAS DE ADEQUAÇÃO DE ESTRADAS RURAIS

Realizada a etapa inicial dos projetos das obras, com orçamentos e estabelecido o nível de prioridade, bem como os entendimentos com anuência dos proprietários das áreas lindeiras, conforme descrito no Capítulo anterior, segue-se a execução das obras.

Como um padrão geral para as atividades de execução das obras é proposta a sequência básica de atividades, conforme segue:

1- Atividade: Locação da faixa de trabalho

Essa atividade tem a finalidade de demarcar a área onde serão realizadas as obras, de modo a promover a liberação prévia, principalmente junto às propriedades lindeiras.

2- Atividade: Limpeza da faixa de trabalho

Essa atividade consiste em remover materiais vegetais e outros, que estejam na faixa de trabalho locada na atividade anterior.

3- Atividade: Raspagem e armazenamento do material de cobertura

Essa atividade consiste em remover a camada superficial do solo (10-20 cm), composta de solo orgânico, da faixa onde haverá abatimento dos barrancos, devendo esse material ser armazenado lateralmente para posterior retorno e reposição sobre a superfície exposta de subsolo, no acabamento da obra.

4-Atividade: Locação da faixa de corte

Essa atividade consiste em balizar todas as faixas de cortes onde haverá abatimento de barrancos, visando a orientação do operador de máquina para a execução desse serviço.

5-Atividade: Suavização de taludes (“Quebra de Barrancos”)

Essa atividade consiste no abatimento de barrancos, visando estabilizar os taludes, elevar o leito da estrada para facilitar a drenagem superficial.

6-Atividade: Locação da faixa da estrada

Essa atividade consiste em demarcar na largura da pista de rolamento, canais laterais de drenagem e acostamentos, para orientar o operador quando da execução do abaulamento da pista.

7-Atividade: Regularização do leito e da faixa trabalhada

Essa atividade consiste em abaular a pista de rolamento, construir canais de drenagem laterais, visando à condução adequada das águas pluviais.

8- Atividade: Locação das estruturas de drenagem superficial e de armazenamento de águas fluviais

Essa atividade consiste em locar as estruturas de drenagem visando orientar operadores, quando da execução das estruturas (lombadas, canais de admissão, terraços e /ou bacias de captação).

OBSERVAÇÃO: Dentre as estruturas citadas acima, as Bacias de Captação e Armazenamento já foram bastante utilizadas, e atualmente estão sendo substituídas pelo terraço. Quanto às vantagens do terraço em relação às bacias, podemos citar a sua maior capacidade e menor custo de execução e manutenção; proporcionar uma maior superfície de contato entre o solo e a água armazenada, facilitando deste modo o processo de infiltração e conseqüente abastecimento do lençol freático.

Assim sendo, reservamos a técnica de implantação de Bacias de Captação e armazenamento, para áreas onde a implantação dos terraços se tornar dificultosa, tanto técnica como economicamente.

9-Atividade: Construção das estruturas de drenagem superficial e de armazenamento de águas pluviais

Essa atividade consiste em realizar as obras de drenagem e de armazenamento das águas pluviais, eliminando situações de escoamento pela faixa da estrada.

10-Atividade: Contra-Nivelamento

Essa atividade consiste em conferir a execução da estrutura de drenagem, através de aparelhos de precisão, eliminando pontos de acumulação de água de chuva garantindo o escoamento para os pontos pré-estabelecidos.

11-Atividade: Reposição de material de conservação superficial

Essa atividade consiste em devolver as camadas de solo orgânico com a cobertura das superfícies expostas de subsolo, para promover uma melhor revegetação dessas áreas.

12-Atividade: Tratamento primário do leito

Essa atividade consiste em promover o revestimento do leito, com material granular, melhorando a condição da pista de rolamento e fixando o solo da mesma.

O conjunto de atividades acima configura-se como uma recomendação de orientação a ser seguida, podendo haver ajustes e adaptações conforme o caso, em especial considerando a disponibilidade da equipe, a disponibilidade de equipamentos e ainda à forma de execução dos serviços programados. Assim, qualquer que seja a situação, a equipe de pessoal local envolvida deve ter conhecimento dessas condições, seja para controlar a execução em regime de administração direta, seja como subsídio para contratação e execução por terceiros.

Por outro lado, muitas das atividades descritas na relação acima podem ser executadas de forma isolada, sendo esses casos enquadrados como serviços de manutenção de estradas rurais de terra.

Além disso, esse conjunto de atividades, seja como execução, seja como manutenção, deverão estar englobados em programas de trabalhos, em geral, sob a forma de Plano de Conservação Anual de Estradas Rurais, com programação anual, com metas estabelecidas em função do porte e da importância de cada trecho de estrada da malha viária previamente cadastrada, dos recursos orçamentários e ainda do nível de risco de pontos críticos, que serão reordenados e alterados em função do surgimento de casos imprevistos.

4.1. Descrição das Técnicas Utilizadas na Execução de Obras

Os aspectos específicos de cada atividade devem levar em conta dados preliminares que servem de subsídios iniciais, devendo conter os seguintes elementos:

- Levantamento dos Serviços a Executar;
- Plano Básico da Obra;
- Projeto Básico, Tipo;
- Especificações de Serviços;
- Escolha e Dimensionamento de Equipamentos;
- Fiscalização dos Serviços;
- Medições dos Serviços.

Considerando as etapas acima definidas, podemos especificar os serviços que, na maioria das vezes, serão executados, tais como:

4.1.1. Suavização de Taludes e Elevação do Leito da Estrada

Permite direcionar o escoamento de água para as estruturas de armazenamento forçando sua infiltração no lençol freático, impedindo o aparecimento de sulcos e voçorocas laterais da estrada ao longo da rampa, principalmente se existir uma grande extensão do trecho.



A foto acima mostra estrada com necessidade de quebra de barrancos, para proporcionar que o escoamento das águas pluviais do leito da plataforma seja direcionado à drenagem superficial da pista de rolamento ao local destinado.

4.1.2. Inclinação Transversal do Leito da Estrada

O objetivo maior é de promover a drenagem das águas superficiais para as laterais, encaminhando-as para as estruturas de armazenamento, em situações que não permitam o escoamento das águas das chuvas em ambos os lados da estrada.



A foto acima mostra abaulamento inclinado, permitindo a drenagem correta da pista de rolamento, encaminhando as águas das chuvas para a estrutura de armazenamento construída.

4.1.3. Regularização de Subleito

O serviço de regularização deverá ser feito em segmentos onde houver irregularidades na estrada que comprometam o tráfego normal, ou seja, em trechos que não apresentam perfil homogêneo.



A foto de estrada rural com defeito de drenagem, necessitando recuperar o subleito que apresenta irregularidades, dificultando o tráfego normal de veículos.

4.1.4. Reforço de Subleito

Tipo de trabalho que é realizado quando o trecho da estrada se desenvolve sobre um terreno com baixa capacidade de suporte, havendo necessidade de se aplicar uma camada de reforço.

Essa camada de reforço tem como objetivo melhorar a estrutura que compõe a base da pista de rolamento, melhorando consideravelmente sua capacidade de carga e ainda, melhorar as condições de implantação do revestimento primário.

Na execução deste trabalho, deve-se obedecer a uma metodologia visando obter resultado satisfatório da operação, para o qual propomos a sequência abaixo:

Regulariza-se o subleito com a motoniveladora;

Realiza-se o lançamento do material granular importado com auxílio do caminhão basculante e espalhamento do material granular grosseiro e/ou argiloso com motoniveladora, numa camada aproximada de 0,20m fazendo compactação do material aplicado.

Procede-se, se necessário, ao umedecimento com irrigadeira apropriada ou a secagem do material com grade de discos ou motoniveladora;

Procede-se à compactação da camada com rolo compactador.

Para a execução desses trabalhos devem ser utilizados os equipamentos abaixo:

- Trator de esteira;
- Escavadeira hidráulica;
- Pá carregadeira;

- Caminhão basculante;
- Motoniveladora;
- Irrigadeira;
- Trator de pneus com grade;
- Rolo compactador.



A foto mostra execução de reforço de subleito por defeitos na plataforma da estrada.

4.1.5. Construção de Lombadas

São dispositivos construídos no leito da estrada com o objetivo de impedir o escoamento rápido das águas (diminuir a sua velocidade) direcionando a condução das águas para as estruturas de armazenamento (bacias de captação, terraços), devendo ter seu dimensionamento compatível com a declividade, largura útil a ser estabelecida na estrada a ser trabalhada, tipo de solo e previsão de chuvas na região.



Foto mostra lombadas para direcionar as águas das chuvas para fora do leito de rolamento

4.1.6. Revestimento Primário

Tem como objetivo proteger e dar suporte ao leito da pista de rolamento, de modo a tornar trafegável a estrada nas diversas épocas do ano. Esse serviço refere-se à aplicação do revestimento primário do material granular (brita) utilizando abertura de caixa, lançamento de material granular, incorporado, compactado, umedecido e mantido o abaulamento da pista de rolamento, para direcionar o escoamento superficial do leito, permitindo estabilidade na obra e proporcionando segurança aos usuários.



Foto mostra a aplicação do revestimento primário

4.1.7. Obras Complementares

Em alguns pontos ao longo da estrada, haverá necessidade de execução de obras complementares, visando à melhoria do traçado e, dentre esses dispositivos, temos: drenos, tubulação de fluxo transversal, cobertura vegetal, plantio de gramíneas, plantio de árvores, dissipadores de energia (escada hidráulica)



Foto mostrando a etapa de instalação de tubulação de fluxo transversal

4.1.8. Drenagem das Águas Pluviais

É o segmento que trabalha com a coleta e remoção das águas superficiais que atingem ou possam atingir a estrada, em especial, a pista de rolamento.

Tem como principal objetivo evitar comprometer a estabilidade e reduzir a ocorrência de erosão em taludes (barrancos) e na pista de rolamento.

Sua função principal é Interceptar as águas que chegam ao corpo estradal, provenientes de áreas adjacentes ou de taludes, e captar as águas pluviais que incidem diretamente sobre a pista de rolamento, conduzindo-as para local de deságue seguro, através de dispositivos ou estruturas recomendadas tecnicamente.

Dentro das principais estruturas a serem construídas neste segmento podemos citar:

4.1.8.1. Sarjetas

Dispositivos de drenagem longitudinal construídos lateralmente às pistas de rolamento, destinados a receber e a transportar a água que escoar da pista (ref. Abaulamento) e interceptar os deflúvios que, escoando pelo talude ou áreas adjacentes, podem comprometer a estabilidade dos taludes e a integridade das pistas de rolamento.

As seções podem ser triangulares, retangulares, trapezoidais ou circulares do tipo meia cana.

As sarjetas poderão receber um revestimento vegetal (plantio de grama típica da região, em leiva ou muda ou serem revestidas de concreto).

Nas estradas de terra, quando aplicadas, normalmente emprega-se as de seção triangular, com a aba interna acabada, junto à borda da pista de rolamento, como prolongamento da sua inclinação de abaulamento, para dar estabilidade à obra e assegurar uma drenagem adequada sem causar erosão marginal ao longo da extensão da rampa.



Sarjetas e taludes c/vegetação de proteção

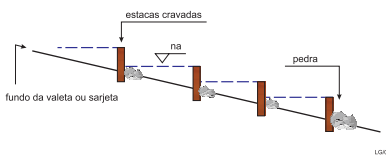
Foto mostrando sarjeta com plantio de vegetação.



• Diques de Amortecimento



Saída d'água c/descida tipo rápido



Descida d'água em degraus

O desenho mostrando tipos de dispositivos redutores de velocidade do escoamento

A drenagem é o meio que se emprega para que a água escoe de forma direcionada e seja afastada do local onde possa causar dano ao leito da estrada.

A ausência de atenção dispensada à “ação das águas”

associada ao tipo de solo do local, de forma geral resulta em um aumento no custeio de manutenção que poderá exigir reconstrução de quilômetros de estradas a cada ano.

Por outro lado, a existência do sistema de drenagem, adequadamente dimensionado, resulta em:

- Menor trabalho no futuro;
- Maior eficiência e segurança;
- Melhora do aspecto estético da estrada;
- Diminui as interrupções do tráfego, evitando-se prejuízos para os usuários.

A água das chuvas tem dois caminhos. Parte escorre sobre a superfície do solo e parte infiltra no solo, e ambas as situações podem provocar prejuízos à estrada. A solução do problema depende da consideração dos seguintes elementos:

- O estudo hidrológico e hidráulico para a fixação das dimensões;
- A resistência estrutural;
- O custo do material empregado;
- As condições variadas e particulares de sua localização.

Seja no estudo da drenagem superficial ou subterrânea, o problema básico é saber a quantidade de água a ser drenada, sendo necessário afastá-la, usando-se os dispositivos de drenagem.

A drenagem superficial consiste em lançar mão de todos os meios a fim de canalizar as águas das chuvas, retirando-as dos locais onde poderão prejudicar a estrada.

Quanto aos limites práticos da velocidade da água nas valetas, precisamos ficar atentos a dois parâmetros: Limite inferior e limite superior. Observando-se o limite inferior, evitaremos a deposição de materiais na valeta.

Limite Inferior	Velocidade
Águas com suspensões finas	0,30 m/s
Águas carregando areia fina	0,45 m/s
Águas de esgoto	0,60 m/s
Águas pluviais	0,75 m/s

Limite Superior	Velocidade
Canais arenosos	0,30 m/s
Saibro	0,40 m/s
Seixos	0,80 m/s
Mat. Aglomerados consistentes	2,00 m/s
Alvenaria	2,50 m/s
Canais de rocha	4,00 m/s
Canais de concreto	4,50 m/s

4.1.8.2. Canaletas de Concreto Armado ou Pré-moldados

As canaletas, assim como as valetas, são condutos livres, não submetidos a pressão. Normalmente usa-se a canaleta quando a declividade da estrada é tal que impossibilita o uso de valeta de terra devido a erosão. As seções semicirculares são as mais eficientes na condução da água. Todavia usamos a seção trapezoidal ou retangular em virtude das condições técnicas de execução da obra. A forma retangular é adotada nos canais de concreto e nos abertos em rochas. A seção mais viável é que a base 'B' seja o dobro da altura 'H'. Como a velocidade da água é função da declividade da canaleta ou valeta, os limites estabelecidos para esta velocidade decorrem dos limites para a declividade.



Foto mostrando sistema de drenagem com canaleta de concreto armado.

4.1.8.3. Escadas ou Descidas D'água

As escadas ou descidas d'água têm a função de encaminhar as águas de uma cota superior para uma cota inferior, controlando e reduzindo a sua velocidade para que, quando atingirem o local desejado, não provoquem erosão. Normalmente são construídas usando-se concreto ou alvenaria. São muito usadas nas saídas e entradas de bueiros, permitindo a condução adequada das águas das chuvas minimizando danos ao solo, especialmente sob a forma de erosão.



Foto mostrando construção de escada hidráulica

4.1.8.4. Bueiros Tubulares ou Celulares

Para o dimensionamento de bueiros, existem inúmeros métodos, processos e fórmulas para determinar a vazão superficial. Em seguida, calculam-se as dimensões da seção para a vazão definida no estudo hidrológico. Esse cálculo deverá ser elaborado por engenheiro com especialidade nesses temas.

4.1.9. Tipos de Processos de Compactação

É o serviço, manual ou mecânico, que visa, por compressão do terreno, reduzir o volume de vazios do solo, melhorando as suas características de resistência, deformidade e permeabilidade.

Tem como objetivo principal, promover sua estabilização e/ou impermeabilização, sendo aplicado este tipo de operação quando houver deposição de materiais, visando minimizar o processo erosivo e o desgaste da pista, sendo realizado durante os trabalhos de adequação de estradas (aterros, retaludamentos, revestimentos primários do leito, etc.), bem como quando desejarmos promover a estabilização e/ou impermeabilização de matérias já existentes.

A necessidade de compactação, bem como a metodologia a ser empregada, depende de vários fatores, onde se deve atentar para os seguintes pontos:

- Tipo de material a ser trabalhado,
- Tipo de operação envolvida e
- Grau de compactação necessário em função das características da obra.

Devem ser considerados dois tipos de compactação utilizados em estradas rurais, que são descritos a seguir:

4.1.9.1. Compactação sem Controle Tecnológico:

Quando utilizamos o tráfego de veículos/equipamentos disponíveis na obra:

- Deposição de materiais (solos) em camadas finas, sob trânsito intenso dos próprios equipamentos utilizados na operação;
- Trânsito normal de veículos sobre o material;
- Trânsito de forma ordenada com veículos de transporte, com carga máxima, trafegando sobre o material.

Obs: Estas operações são empregadas de forma isolada

ou em conjunto. Geralmente não apresentam elevado grau de compactação e uniformidade, motivo pelo qual só devem ser utilizadas em situações específicas que não comprometam a qualidade da obra em etapas posteriores.

A umidade do material a ser compactado, influencia sobremaneira este tipo de operação.

Quando utilizamos equipamentos como rolos compactadores, com análise visual do resultado, temos uma sequência para aplicação deste segmento:

1) Inicialmente proceder-se-á à escarificação geral da área a ser trabalhada em até 0,20 m abaixo da cota da superfície.

2) No caso de importação de materiais, os mesmos serão lançados após a referida escarificação, em camadas de espessura não superiores a 0,30m (a primeira camada lançada não deverá exceder 0,30m de espessura, somada à espessura da camada escarificada. Os demais lançamentos respeitarão a espessura de 0.30m recomendada acima).

3) Caso seja necessário, o material escarificado ou lançado será homogeneizado com o uso combinado de grade de discos ou enxada rotativa, motoniveladora e irrigadeira garantindo-se a inexistência de grumos ou torrões.

4) Posteriormente, a camada deverá ser compactada com rolo vibro, considerando um número de 8 a 10 passadas como média ideal para fechar toda a área a ser compactada.

5) O teste final da compactação será visual/físico e deverá ser observado se o rolo está mantendo uma profundidade de penetração insignificante em relação ao impacto proporcionado e o seu caminhamento sobre a base se dá de maneira aleatória (comportamento popularmente conhecido como “Bailarina”).

6) Em se tratando de revestimento primário do leito, na fase de acabamento final, só será permitida a realização da

operação de corte (lixamento), sendo vedada a correção de depressões por adição desse material cortado. Todo material oriundo deste corte (lixamento), deverá ser acomodado além das bordas da pista de rolamento ou reaproveitado em outros trechos.

Obs: A umidade do material a ser compactado, influencia sobremaneira este tipo de operação.

De acordo com a espessura do material granular (grosseiro), a operação de lixamento pode desagregar o revestimento/ agulhamento. Se isso acontecer, a operação de lixamento deverá ser abortada.

4.1.9.2. Compactação Controlada:

A compactação controlada e o devido controle tecnológico devem estar de acordo com as especificações de projeto. No caso de não haver especificação, seguir os procedimentos abaixo:

- Os solos constituintes do aterro nos 0,60 m superiores não poderão apresentar baixa capacidade de suporte e expansão maior do que 4%.
- A camada final do aterro deverá apresentar expansão inferior a 2%.
- Inicialmente, havendo a presença de material orgânico ou materiais indesejáveis, deverá ser executada a limpeza da área.
- O solo deverá ser esparramado em camadas a serem compactadas, com espessura não superior a 0,20 m.
- O controle de umidade do solo durante a etapa de compactação deverá ser tal que o teor de umidade obtido nas amostras de controle fique situado entre a “umidade ótima” determinada no ensaio de laboratório e “umidade real” encontrada no material do campo. Para isso, o volume de água utilizado deverá corresponder a uma umidade pouco inferior a diferença descrita acima, evitando a formação de

borrachudos e, caso necessário, acrescentar esse volume durante a compactação.

- Os equipamentos de compactação deverão ser apropriados ao tipo de solo e deverão garantir um grau de compactação de no mínimo 95% da energia normal

- a) Solos argilosos: rolo pé-de-carneiro vibratório

- b) Solos arenosos: rolo liso vibratório ou rolo pneumático

A camada final do aterro, que será o subleito da estrada, deverá ser compactada até atingir 100% da energia de projeto.

Nessa atividade de compactação controlada a empresa/laboratório que irá realizar os testes de compactação deverá atender às normas e possuir credenciamento. Os laudos de testes de laboratório devem ser anexados à documentação da obra, devidamente vistados e aprovados pelo responsável técnico da obra.

Nota Importante: independentemente da metodologia a ser utilizada, a presença de instabilidade de materiais, conhecidas como “borrachudos”, deve implicar em recusa da operação de compactação, adotando-se, então, medidas reparadoras.



Foto mostrando leito da estrada após a compactação

Equipamentos recomendados para esta operação:

- Motoniveladora;
- Trator de Esteiras;
- Irrigadeira/Basculantes (carregados);
- Trator agrícola equipado com grade de discos ou enxada rotativa;
- Rolo compactador tipo vibro;
- Rolo estático;
- Rolo de pneus.

4.1.10. Revestimento Primário

É uma prática que aumenta a durabilidade da pista de rolamento, utilizando material granular, cujo objetivo é evitar a perda do material aplicado às laterais, possibilitando o escoamento das águas das chuvas, direcionando para as estruturas de captação e armazenamento construídas ao longo do trecho trabalhado.

Esse serviço é um tratamento superficial, com uma camada de mistura homogeneizada que é colocada diretamente sobre o subleito ou sobre o reforço executado, de modo a regularizar a superfície de rolamento.

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

Algumas jazidas naturais fornecem material que podem ser utilizados diretamente na execução do Revestimento Primário, pois são compostos de uma mistura já em proporções satisfatórias de granulares e argila.

Material: mistura de material argiloso (60 a 70 %) com material granular (40 a 30 %) respectivamente.

Mistura: duas partes de argila (fino/ligante) para uma parte de material granular (cascalho, pedregulho, brita, moledo etc.), em volume.

Espessura da camada aplicada: recomenda-se de 5 a 20 cm.

O objetivo principal desse serviço é a melhoria das

condições de rolamento e da aderência da estrada.

Para que essa melhoria aconteça é necessário seguir algumas recomendações tais como:

Preparo da mistura:

- Secagem e destorroamento da argila se necessário;
- Cálculo das proporções de argila e material granular;
- Mistura do material com grade de discos, motoniveladora ou pá-carregadeira .
- Regularização e compactação do subleito ou da camada de reforço, mantendo o abaulamento da pista;
 - Abertura de caixa, no leito da estrada, na profundidade da espessura da camada compactada a ser aplicada. A largura de aplicação, espessura e comprimento, deverão estar especificados no Plano de Obra elaborado pelo Responsável;
 - Escarificar o fundo da caixa;
 - Lançar o material;
 - Espalhar a mistura.

4.1.11. Aplicação do Material Granular

Para obter um resultado dentro da normalidade e assegurar uma estrada rural de terra em boas condições de trafegabilidade durante o ano todo e por um período de durabilidade longo, é necessário que a aplicação do material granular seja feita dentro de um critério técnico o mais adequado possível, pois é uma das práticas mais importante executadas dentro dos trabalhos de adequação, recuperação ou mesmo de manutenção.

Para que tenhamos sucesso nesta atividade, é conveniente que sigamos as seguintes etapas de aplicação do material granular, conforme descrito em cada etapa abaixo:

1- Demarcação da faixa de trabalho onde será aplicado o material granular, obedecendo as recomendações apontadas pelo plano de obra.

2- Após demarcação dos limites da aplicação do material granular, efetuar a escarificação e gradagem do solo facilitando

a abertura da caixa onde será lançado o material granular.

3- Fazer abertura da caixa do leito da pista com auxílio da motoniveladora, sendo que esta caixa deverá obedecer as dimensões recomendadas visando sucesso após termino dos trabalhos.

4- Lançamento e incorporação do material granular depositado na pista de rolamento.

5- Umedecimento e incorporação até chegar ao teor ideal visando obter uma compactação mais próxima do recomendado.

6- Nivelamento e acabamento do abaulamento da pista de rolamento onde foi aplicado o material granular.

7- Compactação do leito total da estrada trabalhada, visando estabilidade da pista de rolamento da estrada, proporcionando uma drenagem adequada e suficiente.

8- Ajuste final da pista da plataforma da estrada, dando o acabamento final dos trabalhos, deixando a estrada em boas condições de aderência e rolagem da estrada.



Nesta fase, a foto acima mostra como realizar o espalhamento do material granular utilizando equipamento correto para esta operação.

4.1.12. Espaçamento entre Bacias de Captação, Lombadas e Terraços

Entre os riscos mais frequentes que proporcionam situações adversas a uma correta adequação e mesmo manutenção, podemos destacar alguns conforme citamos abaixo:

1. Subdimensionamento das estruturas construídas

Talvez pela limitação da topografia local ou mesmo pelo impedimento dos proprietários localizados, anexos dos trechos a serem trabalhados, torna-se difícil um dimensionamento correto submetendo a realização de técnicas subdimensionadas.

2. Adequação de estrada rural em solos impermeáveis

Tendo como limitação a pequena velocidade de infiltração dificultando disciplinar a enxurrada para canais drenantes, podendo provocar erosões em propriedades de lindeiros.

3. Adequação de estradas em terreno com declividades acentuadas

Torna-se limitante a implantação do sistema em declividades superiores a 20%-25%, em virtude da dificuldade para operacionalização das máquinas.

4. Talude com Inclinação inadequada

Muitos íngremes não oferecem resistência boa à cobertura vegetal, acarretando desbarrancamentos das estruturas construídas, colocando em risco a segurança das estruturas.

5. Falhas de nivelamento nas estruturas a serem construídas

Deve-se, em todas as operações, tomar o devido cuidado para demarcar e construir as estruturas, o bom nivelamento, procurando não deixar pontos baixos após construção para não ocorrer transbordamento de água, ocasionando ruptura das estruturas e levando a situações críticas e indesejáveis.

6. Áreas marginais contribuintes

Nos trabalhos a serem executados, deve-se levar em consideração estas áreas, podendo inviabilizar ou mesmo onerar em muito a implantação dos sistemas e principalmente sofrer o processo de erosão.

7. Ocorrências de sedimentos nas estruturas construídas

Como normalmente são trabalhos de muita movimentação de solo, gerando a desestruturação do solo e a ocorrência de sedimentos nas primeiras chuvas, estes são carregados para as estruturas construídas, passando a ser problemas com a água parada impedindo sua infiltração, diminuindo a capacidade de armazenamento pelo solo depositado.

4.1.13. Intervenções com a Suavização de Taludes de Corte

Neste caso poderá a demarcação através de estacas, ocorrer a intervalos de 100 m no trecho em obra, apenas para sinalizar aos usuários e proprietários das glebas. Tal procedimento servirá, também, de referência à equipe de trabalho para a deposição de materiais ou circulação/ estacionamento de equipamentos necessários.

4.1.13.1. Áreas de Empréstimo (Jazidas)

Neste caso, a demarcação através de estacas poderá ocorrer apenas para sinalizar aos proprietários das glebas, as áreas de escavação.

Equipamentos recomendados / instrumentos

- Trena;
- Baliza;
- Estacas / Piquete;
- Mira;
- Marreta.

4.1.13.2. Limpeza na Faixa de Corte

A limpeza da área de corte/trabalho diz respeito à remoção de materiais inservíveis à adequação, de um modo geral, da plataforma da estrada ou para a elevação do seu perfil longitudinal (greide). Em especial, é a remoção de todo material vegetal, juntamente com a camada de solo superficial que contém também elevados teores de matéria orgânica, inadequados para a composição de aterros.

Tem como objetivo fornecer material apropriado à obra, seja das faixas marginais da estrada ou de áreas de empréstimo, bem como reservar a camada orgânica para posterior devolução sobre áreas de subsolos expostas, contribuindo com o processo de restabelecimento da vegetação nas áreas terraplenadas.

O primeiro passo antes de iniciar a obra é assegurar-se da liberação das áreas de intervenção.

4.1.13.3. Locação na Faixa de Corte/Aterro

A faixa de corte/trabalho, refere-se à área ao longo da estrada rural, que sofrerá intervenções durante os serviços de adequação. As áreas ocupadas pelas estruturas de armazenamento de águas pluviais, não estão necessariamente contidas nesta faixa.

Tem como objetivo delimitar a faixa a ser trabalhada, servindo de referência aos operadores de máquinas, evitando a movimentação de solo em excesso ou em volumes inferiores ao necessário.

A sua locação se dá conforme descrição abaixo, e é necessária quando a obra contemplar retaludamento para a elevação do greide estradal (abatimentos de barrancos).

4.1.14. Intervenções com Retaludamento (bota-fora)

4.1.14.1. Na Adequação de Taludes e Leito

Trata-se do conjunto de operações adotadas em relação aos taludes, especialmente os de corte (barrancos) e leitos das estradas, levando-se em consideração características técnicas e construtivas desejáveis, as quais são previamente definidas no memorial descritivo da obra. Estas adequações podem ou não contemplar o retaludamento de cortes, com elevação do greide, ao longo das estradas.

A adequação de taludes de corte, de aterro e leitos de estradas tem como principais objetivos:

- Estabilização dos taludes através de inclinações preestabelecidas;
- Adição de solo de melhor qualidade ao leito da estrada melhorando assim suas características construtivas (ex.: melhor capacidade de suporte);
- Através da elevação do leito e rebaixamento dos barrancos (retaludamento), viabilizar a drenagem de águas pluviais de forma técnica, possibilitando o parcelamento de lançantes;
- Adequar as dimensões das plataformas, de forma a atender o trânsito de forma segura.

4.1.14.2. Na Adequação de Taludes

Após a limpeza de todo o material indesejável à constituição do leito e da estrada, inicia-se o retaludamento (quebra de barranco) a partir da faixa de corte previamente estabelecida e demarcada. Esta operação (bota-dentro) ao mesmo tempo em que fornece material para a elevação do leito da estrada, deverá assegurar a nova conformação dos taludes.

4.1.14.3. Na Elevação do Leito

Simultaneamente ao retaludamento (quebra de barrancos), promove-se a deposição do material resultante desta operação (solo) em local que irá compor a nova plataforma da estrada. Esta operação não deve ser realizada em camadas espessas, uma vez que tal procedimento dificultará os processos de acomodação e/ou compactação do material, podendo comprometer a capacidade de suporte necessária ao leito da estrada, tendo como consequência sua deformação.

O tipo de compactação a ser empregado, está relacionado a fatores como o tipo de solo, tipo de revestimento a ser utilizado na pista de rolamento, tipo de trânsito a ser atendido (leve, médio, pesado).

Observações:

- Em locais onde o terreno apresenta-se com inclinação transversal em relação ao eixo da estrada, e desde que necessitem de retaludamento nas duas laterais da estrada, deve-se abater primeiramente o lado de montante (mais alto) e complementar, se necessário com o lado de jusante (mais baixo).

- Nesta etapa, deverão estar concluídas as obras referentes à drenagem profunda e/ou corrente.

Os dados abaixo auxiliam a operação de trabalho a ser executada:

H Altura barranco

Fc Faixa de corte = $(h \times 2/3) \times S$

Fl Faixa de limpeza = fc + área de manobra de equipamento (am).

S relação de corte ideal para se conseguir rampa com declividade que possibilite a saída de canal de drenagem superficial (3:1 até 5:1), assim S = 3 até 5.

De posse das alturas (h) respectivas, lado direito (hd) e lado esquerdo (he), aplicam-se as fórmulas fc e fl para determinação dos pontos que vão delimitar as respectivas

faixas de corte. Locar os pontos através de estaqueamento ao longo do trecho a ser trabalhado.

Em casos onde haja inclinação transversal do relevo em relação ao eixo da estrada, a relação de corte do barranco de montante poderá ser aumentada em até duas vezes, chegando então até $S=10$, objetivando uma melhor adequação da plataforma/leito.

A faixa de corte locada através de estacas, servirá também de referência ao operador quanto à posição do material resultante da limpeza desta faixa, o qual deverá ser depositado fora da área de manobra acima definida .

Equipamentos Recomendados nas intervenções com retaludamento (bota-fora):

- Na quebra de barranco: Subsolador tracionado, Trator de Esteira, Pá Carregadeira;
- Na elevação do leito: Motoniveladora, Trator de Esteira;
- Na compactação: Rolos Compactadores, Irrigadeira , Motoniveladora.

4.1.15. Intervenções sem Retaludamento

4.1.15.1. Adequação de Taludes

Neste caso, os taludes serão adequados visando seus ajustamentos às novas dimensões da plataforma da estrada e simplesmente suavizados (corte mínimo) para sua estabilização.

4.1.15.2. Regularização do Leito:

O leito será regularizado e compactado com material do próprio leito e/ou com material transportado de áreas de empréstimo.

Observação:

Nesta etapa, deverão estar concluídas as obras referentes à drenagem profunda ou corrente.

Equipamentos Recomendados nas intervenções sem retaludamento:

- Adequação de talude e Regularização do leito: Motoniveladora;
- Corte de Material: Trator de Esteira;
- Carga e transporte de material: Pá-Carregadeira, Caminhão Basculante, Scraper; Retroescavadeira e Escavadeira Hidráulica.
- Compactação: Rolos Compactadores, Irrigadeira e motoniveladora.

4.1.16. Locação da Plataforma da Estrada

Plataforma é definida como parte da estrada compreendida entre os bordos dos acostamentos externos, mais as larguras das sarjetas e/ou as larguras adicionais, conforme se trate de seções de corte e ou aterro.

Para efeito das obras de adequação a serem desenvolvidas, a plataforma da estrada é a seção transversal que contém a pista de rolamento mais o espaço ocupado pelos canais laterais de drenagem (sarjetas).

Tem como objetivo definir a seção transversal que deverá ser objeto de regularização ou reconformação.

4.1.17. Demarcação dos Trabalhos de Execução

4.1.17.1. Locação da Plataforma da Estrada

Partindo do eixo da estrada, fazer a locação de 2 pontos perpendiculares a este e opostos entre si, locando assim a pista de rolamento, e tomando conhecimento da cota da borda com largura conforme legislação municipal vigente ou compatível com as características locais. Se for o caso, locar as dimensões das sarjetas (canais laterais de drenagem) a partir

das bordas da pista de rolamento, levando em consideração suas cotas, quando possível. Repetir a operação a cada 50m ao longo do trecho, garantindo a largura de projeto para o trecho típico ou obedecer condições locais, entre as bordas da pista ou do centro dos canais de drenagem, quando possível.

4.1.17.2. Abaulamento da Pista de Rolamento

Localizar as cotas das bordas laterais da pista de rolamento em relação ao eixo e à largura da estrada. A declividade da rampa é fator determinante na inclinação de abaulamento, e deve ser determinada pela tabela a seguir:

4.1.17.3. Regularização da Plataforma da Estrada

Esta tarefa tem a finalidade de definir as conformações da pista de rolamento com devido abaulamento transversal, promover correções na inclinação das rampas, inclinação de taludes e, também, estabelecer cotas convenientes para os canais laterais de drenagem em relação ao eixo da estrada.

O objetivo é conformar ou reconformar a plataforma da estrada, de acordo com a seção transversal previamente determinada no projeto.

Dar definição às larguras da pista de rolamento, canais laterais de drenagem (ou sarjetas) e inclinação de taludes de corte ou de aterro.

Após os serviços topográficos de locação da plataforma, esta operação, executada com a motoniveladora (corte/aterro), deverá manter as cotas das bordas laterais da pista de rolamento em relação à do eixo da estrada (abaulamento da pista), a largura da pista e a conformação das sarjetas, conforme seção transversal definida no projeto.

Após a execução da regularização da estrada, faz-se a conferência mediante topografia. Quando da detecção de pontos (ou trechos) fora do padrão, opera-se sua imediata correção.

4.1.17.4. Verificação

Após a locação e execução da regularização e abaulamento da estrada, faz-se a conferência mediante topografia, por amostragem de no mínimo 1 ponto para cada lançante, desde que este não ultrapasse a distância de 200 metros e daqueles pontos que, por análise visual, possam estar fora do padrão estabelecido.

Nesta fase, serão necessárias a conferência e a detecção dos pontos que estiverem fora do padrão, com sua imediata correção.

As diferenças identificadas pelo símbolo # são as diferenças entre as leituras : EIXO – Borda da Pista de Rolamento Esquerda e EIXO – Borda da Pista de Rolamento Direita verificadas, das indicadas pelo abaulamento proposto.

Serão admitidas diferenças entre as bordas D e E , em relação ao eixo, de até 0,10 m a mais ou a menos, desde que não prejudique o abaulamento mínimo e inclinação lateral máxima admitida para a pista de rolamento.

OBS: Em uma mesma pista de rolamento, a declividade aplicada no abaulamento deverá ser a mesma tanto para a Borda Esquerda como para a Borda Direita do respectivo trecho.

A declividade da rampa é fator determinante na inclinação de abaulamento, e deve ser determinada pela tabela a seguir:

Declividade da Rampa	Abaulamento mínimo - %	Abaulamento máximo - %
0-5%	3	10
5-10%	3	8
10-15%	3	6
15-20%	3	4

Obs: No caso de inclinação da pista e/ou plataforma, inclinação máxima de 2%

4.1.17.5. **Locação e Construção de Lombadas**

São as estruturas de reforço ao sistema de drenagem superficial, dispostas perpendicularmente ao eixo da estrada.

Tem como objetivo permitir que as águas pluviais sejam encaminhadas às estruturas de armazenamento e infiltração. Servem como estruturas educativas (reduzoras de velocidade de trânsito) e integração do sistema conservacionista das áreas agrícolas lindeiras com a estrada rural.

Os espaçamentos para Lombadas são adaptados pelo Boletim Técnico CATI n.º 207 – Bellinazzi et alli, 1.989.

Declividade de rampa (%) espaçamento entre lombadas (m) e número de lombadas a serem implantadas, dimensionadas no memorial de cálculo do plano de obra.

Na locação das lombadas, utilizamos os parâmetros do memorial de cálculo, com o auxílio do nível de precisão, estaqueando as laterais da estrada, indicando assim a posição da lombada.

Deve-se também local a sua largura e comprimento, que terá, no mínimo, a largura da plataforma, e a altura da crista da lombada, que deve estar contida entre uma faixa de 0,10m 0,30m (compactada) acima da cota do pé do talude de montante no eixo da pista.

Na construção das lombadas, toma-se como referência de corte o estaqueamento preestabelecido na locação. Utilizando-se o material do próprio local, inicia-se o corte pelas laterais da estrada, transportando o material até o ponto da lombada, esparramando e compactando em camadas de no máximo 0,30m.

Pode-se construir a lombada com material importado de jazida, transportando o material até o ponto da lombada, esparramando e compactando em camadas de no máximo 0,30 m.

Equipamentos Recomendados/Instrumentos para a construção de lombadas:

- Trator de Esteira
- Pá-Carregadeira
- Trator de Pneus com Raspadeira
- Caminhão Basculante
- Equipamentos topográficos
- Dispositivo de Locação



Detalhamento de locação de lombada

4.1.17.6. Locação e Construção de Terraços

São estruturas de armazenamento das águas pluviais drenadas superficialmente da plataforma e da área de contribuição, da faixa de trabalho das estradas rurais vicinais de terra.

Tem como objetivo a captação superficial das águas pluviais do sistema de plataforma e da área de contribuição da faixa de trabalho, fazendo parte do sistema de conservação das áreas agrícolas lindeiras com a estrada rural.

Tão logo a plataforma da estrada esteja regularizada (FIT-750-08), inicia-se a locação das estruturas de armazenamento denominadas terraços, que são estruturas com maior capa-

cidade de infiltração por apresentar uma grande área de contato da água armazenada com o solo por onde esse volume fluirá, se comparado com as bacias de captação.

De posse das cotas respectivas dos pontos de locação da lombada (quando for o caso) nos canais de drenagem laterais, locar com desnível de até 0,25m as cotas dos terraços a serem construídos em nível ou em desnível, suficientes para atender às condições locais (solo, declividade etc.), partindo de cada extremidade da lombada.

A última estaca do terraço, a partir da lombada, deverá ter cota coincidente com a cota da estaca do canal de drenagem que originou esta locação.

Para o dimensionamento do volume a ser armazenado, utilizaremos tabela própria, considerando os dados de seção mínima para terraços, contidos no memorial de cálculo do Plano de Obra.

Na verificação das medidas finais do terraço, observar que:

- A altura do terraço não deverá exceder 0,20m da altura de projeto e não será permitida altura inferior a essa altura de projeto.

- Para a conferência de cm e cj, esses pontos deverão ser medidos no terreno natural, ou seja, no ponto imediatamente superior à área de corte para cm e imediatamente inferior ao talude externo para cj.

- A distância entre cm e cj deverá ser a distância projetada e não a distância inclinada.



Transporte da cota da estaca localizada no canal de drenagem lateral, para a última estaca do terraço.

4.1.17.7. Locação e Construção de Bacias de Captação

São estruturas de armazenamento de águas pluviais drenadas superficialmente da plataforma das estradas rurais de terra.

Permite que as águas pluviais drenadas sejam armazenadas, possibilitando sua infiltração no lençol freático e ainda, transportar esse volume até o manancial receptor, quando construídas em série e em cotas decrescentes até os locais onde esse volume transportado possa ser lançado.

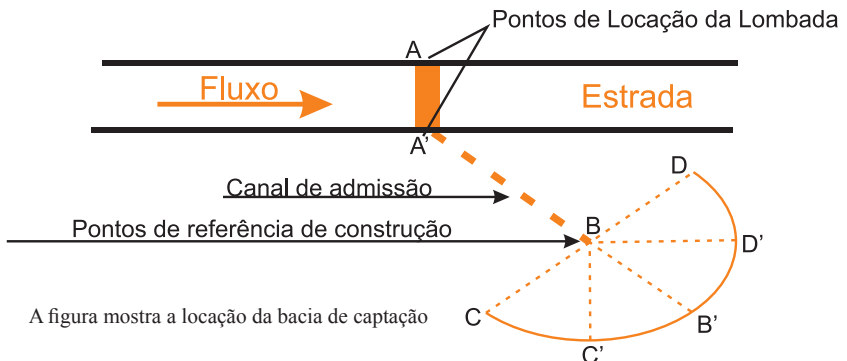
Na locação do terraço, vamos tomar como base, a cota da estaca localizada no canal de drenagem lateral, ou a cota da última estaca do terraço e assim sendo, locar as demais 0,30m abaixo da cota referência nas 3 primeiras estacas seguintes. Nas estacas de locação do terraço, escolher no mínimo 03 e colocar talisco 0,30m acima da cota referência para definir a cota da crista do terraço e não permitir o exagero na construção da “Borda Livre”.

Tão logo a plataforma da estrada esteja regularizada inicia-se a locação das estruturas de armazenamento, denominadas Bacias de Captação, que são estruturas construídas em substituição aos terraços quando a área disponível para a construção dessas estruturas de armazenamento for insuficiente ou ainda, transpor volumes precipitados quando as condições topográficas forem desfavoráveis ao livre escoamento.

De posse das cotas respectivas dos pontos de locação da lombada, nos canais de drenagem laterais, locar com desnível de + ou - 1%, o ponto B, também conhecido como ponto de referência para a construção da Bacia de Captação.

Mantendo o comprimento C - D, com o ponto B fixo, rotacionar a bacia de modo que os pontos C e D ocupem a mesma cota no terreno. Posteriormente locar os pontos B', C' e D', mantendo o mesmo raio BC ou BD, sendo que nos pontos B', C' e D' deve-se deixar uma borda livre de no mínimo, 30 cm acima da cota original.

Considerando a declividade do terreno original onde a bacia está locada, estaquear os pontos B', C' e D' com estacas suficientemente altas para que possamos transferir a cota do ponto B diretamente para as estacas C, D, B', C' e D'. A cota do ponto B transferida para as estacas C, D, B', C' e D' deverá ser visível para o operador da máquina, pois elas serão a referência de altura do aterro a ser construído.



A figura mostra a locação da bacia de captação

Dimensionamento da Bacia de Captação

De acordo com a metodologia de cálculo apresentada no item 5.2 (folhas 6, 7, 8 e 9) do Boletim Técnico 207 – Controle de Erosão em Estradas Rurais (CATI, 1993, adotado aqui como referência, temos:

Vt = Volume total ou volume útil da Bacia de Captação

$$V_t = \frac{\pi \times r^2}{3} \times h$$

Onde:

r = Raio da Bacia de Captação

h = profundidade da bacia (considerar h=2,00m)

E esse Vt deverá ser maior do que o volume de chuva calculado

4.2. Quanto ao Tipo de Recursos Utilizados

1- No Trabalho Manual

Consiste em fazer trabalho de manutenção utilizando exclusivamente a mão de obra como recurso. Geralmente é empregado em estradas secundárias, com tráfego leve e baixo, e/ou em serviços que se obtém melhor desempenho técnico quando executado manualmente (Conserveiros).

Levar em consideração a disponibilidade de pessoal habilitado (técnicos e trabalhadores) e havendo necessidade efetuar treinamento desta equipe, para saber o que fazer, como fazer e para que fazer.

2- No Trabalho Motomecanizado

É o trabalho de manutenção, onde se utiliza maquinário na recuperação ou melhoramento das estradas.

Comumente são utilizados equipamentos (Pá Carregadeira, caminhão basculante, motoniveladora, retroescavadeira, rolo compactador ou pé de carneiro estático, caminhão irrigadeira, roçadeiras, tratores agrícolas, etc), nos processos de recuperação do processo erosivo, reposição de material de

tratamento primário, limpezas dos terraços/bacias de captação assoreadas, entradas de águas, reforma de lombadas, tapa buracos da pista e outros.

Levar em consideração a disponibilidade de equipamentos e ferramentas apropriadas para os trabalhos a serem executados e principalmente disponibilidade de pessoal habilitado entre eles: técnicos e operadores de máquinas e não havendo pessoal capacitado, há necessidade de efetuar capacitação dos serviços a serem executados.

3- No Trabalho Misto ou Combinado

É o trabalho de manutenção onde se utiliza simultaneamente ou de forma complementar a mão de obra e o maquinário. Pode ser em desobstrução de canais, recuperação de pontes e bueiros.

A utilização deste tipo de trabalho deve-se basear mais ou menos na utilização intensa do maquinário ou de trabalho manual ou a combinação destes fatores, estabelecida com base em critérios e informações seguras, sobre aspectos técnicos, econômicos e sociais de cada região.

Riscos e Vulnerabilidade em Obras de Estradas Rurais:

Sob o ponto de vista essencialmente prático, alguns riscos devem merecer especial atenção, durante a implantação dessa tecnologia, visando garantir o sucesso do sistema implementado na época da adequação ou mesmo na sua manutenção rotineira dos trabalhos, aplicados em sua conservação.

Subsídios Complementares:

E como forma complementar de permitir uma avaliação mais detalhada dos aspectos relatados neste capítulo, está disponibilizada no site www.codasp.sp.gov.br a pasta “Aspectos de Execução de Obras de Estradas Rurais” com textos e materiais específicos para consultas.

5. A MANUTENÇÃO DE ESTRADAS RURAIS

Características Técnicas Operacionais das Estradas Rurais
Problemas mais Comuns da Manutenção

Técnicas de Manutenção:

- Manutenção Corretiva
- Manutenção Preventiva
- Relativas aos Movimentos de Terra
- Relativas à Faixa da Plataforma
- Relativas ao Sistema de Drenagem
- Relativas à Faixa e Cerca de Divisa
- Relativas à Sinalização
- Relativas a Obras de Travessia (Pontes e Galerias)
- Regras Básicas da Manutenção

A deficiência nos serviços de manutenção é a causa mais importante da degradação das condições da plataforma da estrada e das deficiências da malha viária, provocando o surgimento de pontos críticos.

As ações para efetuar a manutenção são adotadas partindo do princípio de que as estradas estejam em boas condições técnicas, ou após terem passado por serviços de recuperação que sejam realizados de forma racional e programada.

Nesse sentido, recorde-se que no capítulo 2 foi abordado o item denominado “Cadastro de Prioridades”. Com o objetivo de estabelecer o grau de importância dos serviços que sejam previamente listados para execução pela equipe local.

Os serviços de manutenção das estradas rurais de um município deverão ser executados através de programas de trabalhos em geral denominados “Plano de Conservação Anual de Estradas Rurais”, de acordo com o programado, que deverão ter sua programação anual, com metas estabelecidas em função do porte e importância dos diversos trechos de estradas da malha viária, dos recursos orçamentários, ou

ainda do nível de risco de eventuais pontos críticos, podendo ser alterados em função do surgimento de casos imprevistos.

De forma mais específica, os serviços chamados de conservação das estradas rurais, que podem ser de diferentes necessidades e assim podem ser classificados pelos tipos abaixo:

Os serviços de manutenção das estradas rurais poderão ser classificados como:

5.1. Relativas aos Movimentos de Terra:

- Corte de materiais na faixa de domínio,
- Aterro na faixa de domínio,
- Troca de solo na faixa de domínio,
- Corte de materiais na jazida,
- Corte de materiais na área de empréstimo,
- Transporte de materiais,
- Descarga e espalhamento de materiais no bota fora,
- Compactação de solos na área da faixa de domínio,
- Tratamento de barrancos e taludes
- Desassoreamento de Bacias, terraços e
- Reconstrução de lombadas.

5.2. Relativas a Faixa da Plataforma:

- Limpeza da pista e acostamentos
- Nivelamento longitudinal e abaulamento transversal da pista,
- Nivelamento longitudinal, abaulamento transversal e compactação da pista;
- Escarificação, espalhamento, regularização e compactação da camada com tratamento primário da pista,
- Escarificação, mistura com adição de material granular, espalhamento, regularização e compactação da camada com tratamento primário da pista,
- Preparo do subleito,
- Reforço de subleito com agulhamento.

5.3. Relativas aos Sistemas de Drenagem:

- Limpeza de sarjetas, valetas e canaletas,
- Limpeza de bueiros e tubulações, caixas de captação e descarga,
- Conserto de sarjetas, valetas e canaletas,
- Conserto de bueiros, tubulações, caixas de captação e descarga.

5.4. Relativas às Faixas Livres e Cercas de Divisa:

- Capina, roçada de mato e corte de galhos nas faixas livres.
- Plantio de grama,
- Recomposição de barrancos e taludes e
- Conserto de cercas e muros de divisa.

5.5. Relativas a Sinalização:

- Consertos de placas,
- Conserto de postes.

5.6. Relativas a Obras de Travessias (Ponte e Galerias):

- Conserto de guarda-corpo,
- Recuperação de pavimento,
- Recomposição de taludes de encontro.

De acordo com a experiência dos autores, duas regras básicas devem ser levadas em conta em qualquer serviço de manutenção de Estradas Rurais.

REGRA 1

O leito das estradas de terra deve ser mantido o mais próximo possível da superfície do terreno.

Solos superficiais localizados próximos à superfície são, geralmente, melhores para receberem as estradas,

principalmente por sua maior resistência à erosão e por ter uma composição granulométrica melhor, são compactados mais facilmente.

Solos mais profundos mostram baixa resistência à erosão, principalmente pela pequena porcentagem de argila e são mais difíceis de compactar devido à elevada presença de componentes silteosos. Por estes motivos são condenáveis os serviços de conservação em uma patrolagem sistemática, pois, com essa raspagem, tem-se como consequência a remoção do solo mais resistente e compactado e a exposição dos solos menos resistentes, o que ocasiona de forma praticamente irreversível uma estrada encaixada, que inviabiliza implantação de saídas laterais de drenagem.

REGRA 2

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

Uma estrada normalmente implica na interceptação das águas pluviais de superfície. Além da chuva recebida em seu próprio leito a estrada tende a ser o escoadouro da água de chuva recebida das áreas adjacentes.

Considerando o enorme poder destrutivo que estas águas têm sobre as estradas de terra, as obras de drenagem adquirem papel fundamental e que têm os seguintes objetivos:

- ✓ Diminuir a quantidade de água conduzida através da estrada, por meio de obras tais como: canaletas, lombadas, instalação de tubulação fluxo transversal, saídas laterais conduzidas às estruturas de armazenamento-terraços ou bacias de captação, bueiros, passagens molhadas, etc.

- ✓ Proteger a pista de rolamento para que as águas corram diretamente sobre ela dando normalmente o abaulamento transversal da pista conduzindo aos canais de drenagens

laterais, tomando o cuidado de efetuar sua proteção quando estes forem construídos em grande extensão e principalmente com declividade acentuada.

5.7. Os 10 Problemas mais Comuns da Manutenção

Os defeitos que ocorrem normalmente na pista de rolamento das estradas de terra também são decorrentes de fatores climáticos (chuvas), tráfego e manutenção equivocada. Relembrando que cada um destes fatores e os tipos de defeitos que abordaremos são os mais usualmente identificados em diversas publicações literárias e vivência prática. Demonstraremos abaixo algumas fotos com seus respectivos problemas causados pela falta de manutenção ou por executar sem aplicação dos conceitos recomendados para a manutenção correta das estradas rurais de terra, *conforme citado anteriormente no capítulo 2, subtítulo 2.4, itens a, b e c*, tais como:

5.7.1. Fatores Climáticos - a água da chuva umedece e encharca o solo da pista de rolamento, diminuindo sua capacidade de suportar a carga, e quando corre por sua superfície arranca material, transporta e deposita em outro local, fazendo surgir buracos e valas;

5.7.2. Condição de Tráfego - movimentação de veículos aplica tensões fazendo surgir deformações na estrada;

5.7.3. Forma de Manutenção - muitas vezes a intervenção com máquinas de terraplenagem, sendo mal orientada, poderá produzir resultado inverso do que é esperado, causando redução da capacidade de suporte da pista, alteração da drenagem, etc.

5.7.4. Seção Transversal Inadequada - Devido ao surgimento de buracos e valas no leito da estrada, por causa de superfície sem inclinação para as laterais da pista, fazendo com que a água das chuvas escoam para dentro da estrada (falta de drenagem), somada a uma compactação insuficiente ou errada. Este tipo de defeito pode variar de leve até muito grave.



Estrada mostrando a falta de drenagem para escoar as águas das chuvas da plataforma

5.7.5. Falta de Drenagem

A manutenção de estrada rural requer maior atenção com surgimento das valetas em ambos os lados da estrada, as quais não permitirão a drenagem das águas das chuvas, aparecendo o empoçamento, que espalhado na plataforma da estrada, dificulta o tráfego pelo acúmulo de água e excesso de umidade.



Escoamento Difuso

Foto1, mostra a inexistência de drenagem da plataforma, podendo causar danos aos usuários pela má conservação ou falta da mesma.



Foto 2, mostra a dificuldade de se transitar em período de chuvas, onde foi realizado serviço de manutenção deficientes com drenagem da água bastante precária.

5.7.6. Costelas ou Corrugações

As corrugações são defeitos também conhecidos por costeletas, que são ondulações transversais na pista. Suas dimensões giram em torno de 50 cm entre ondas e 2,5 cm de

profundidade. Muito comum quando existe material muito fino ou aplicado sem uma mistura adequada e ainda não houve compactação dentro das recomendações.

5.7.7. Poeira

Conforme citado anteriormente a ação abrasiva dos pneus sobre o leito da estrada faz com que se desprendam partículas e estas formam um material fino desagregado que sobe em forma de nuvens com a sucessiva passagem de pneus dos veículos. Conforme a intensidade desta poeira haverá risco de acidentes. Este defeito é bastante comum em épocas de seca.

5.7.8. Trilhas de Rodas

Estradas de terra, trafegadas por caminhões pesados resultam em um problema complicado de ser solucionado. Nas rampas mais fortes, a atenção deve ser redobrada. Seu aparecimento vem quando o solo está com umidade e não houve compactação correta ou mesmo efetuado aterro com solo não recomendado.



Foto mostra o aparecimento de trilhas de rolagem provocadas pela falta de manutenção da estrada rural.

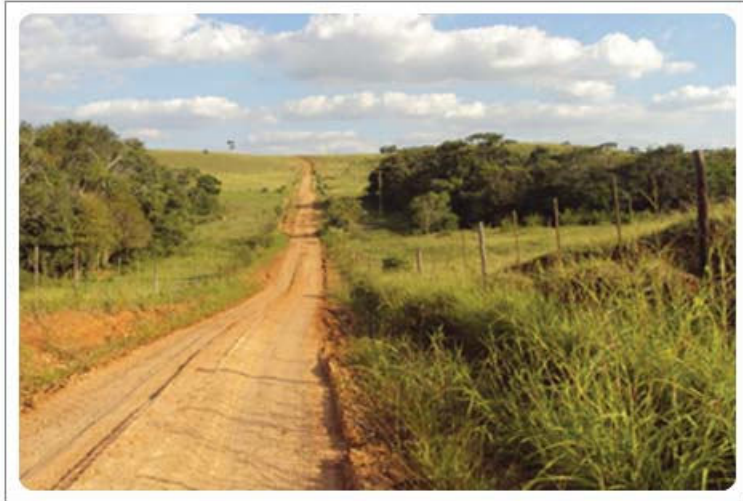


Foto de estrada com problemas de drenagem por não permitir a condução correta das águas pluviais.

5.7.9. Segregação de Agregados

A ação abrasiva do tráfego faz com que se soltem os agregados maiores, formando-se bermas nas laterais e no centro da estrada. Este material pode, eventualmente, ser lançado por um veículo em outro, provocando danos ou mesmo acidentes pessoais. Este problema é normalmente provocado pela ação do clima, do tráfego e do uso indevido de motoniveladoras (Patrol). A solução é um bom encascalhamento.



Foto acima mostra o excesso de material granular aplicado, dificultando o tráfego de veículos .

5.7.10. Queda de Barreiras

Normalmente provocada por inclinação errada do talude do corte ou do aterro, que somada às enxurradas provocadas pelas chuvas provoca sua ruptura e desmoronamento.

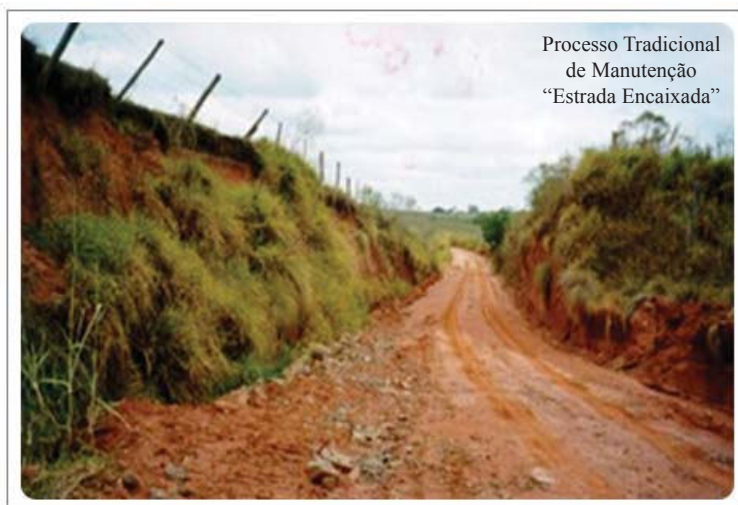


Foto acima, mostra estrada com barrancos altos provocados pelo trabalho inadequado na manutenção ao longo dos anos que pela falta de drenagem traz transtorno aos usuários quer em período chuvoso ou em estiagem.

5.8. Técnicas de Manutenção

A manutenção de uma estrada de terra deverá ser feita com base em critérios técnicos e econômicos. Devem-se dividir as estradas do município em categorias, considerando-se o grau de importância econômica, mas também se avaliando o risco de acidentes devido às características de cada uma. Portanto, as estradas de cada município deverão ser levantadas e seus dados técnicos cadastrados. Em seguida, deverão ser divididas, de preferência, em trechos com extensões mais ou menos padronizadas.

Nestes trechos serão prospectados por profissional experiente os serviços que deverão ser realizados. Estes dados deverão ser analisados e avaliados para ser feito um planejamento de intervenção. A manutenção de uma estrada de terra deverá ser dividida em Manutenção Corretiva e Manutenção Preventiva.

A Manutenção Preventiva, como o próprio nome diz, são serviços realizados antecipadamente, com planejamento visando a melhoria das condições técnicas do trecho trabalhado, prioritariamente em épocas de seca.

A Manutenção Corretiva será realizada quando ocorrer o defeito. Ocorreu o defeito na estrada, iremos até lá e faremos a correção necessária para restabelecer as mesmas condições até então existentes na estrada. Isto normalmente ocorre com as chuvas. Com base nos recursos disponíveis (financeiros, equipamentos e pessoal), verificaremos qual será nossa capacidade de realização de serviço. Faremos a programação dos serviços de manutenção em função dos recursos que dispomos. Não adianta idealizar o melhor possível e não se fazer nada por falta de recursos. O ideal será racionalizar o uso dos recursos disponíveis, sejam eles equipamentos, financeiros ou mão de obra. Por exemplo, supondo-se que o município tenha 40 km de estradas, mas

a equipe da prefeitura só consegue fazer a remodelação de 10 km por ano. Escolhe-se então um trecho de 10 km que receberá a Manutenção Preventiva, fazendo-se os serviços com qualidade para que durem 4 anos. Os outros três trechos receberão a Manutenção Corretiva. No ano seguinte, passa-se para outro trecho, até fechar o ciclo.

O termo “Manutenção” pode ser definido como amplo conjunto de atividades destinadas a assegurar um transporte seguro, econômico e confortável em uma estrada ou rede de estradas. A principal finalidade da manutenção é evitar a perda desnecessária do capital investido, mediante a proteção física da estrutura básica e da superfície de rolamento da estrada. A manutenção deve evitar a deterioração precoce das estruturas construídas e por conseguinte, a necessidade de serviços de manutenção.

As atividades de manutenção podem ser classificadas quanto ao período e forma de execução como:

5.8.1. Manutenção de Rotina

Que é o conjunto de serviços que tem como objetivo manter todos os elementos da estrada, com o mínimo possível das alterações, visando preservar as mesmas características e condições que apresentavam após sua construção ou recuperação.

5.8.2. Manutenção Emergencial

É o conjunto de serviços destinados ao restabelecimento do tráfego em trechos onde ocorreu sua interrupção ou esteja seriamente comprometido por algum fato extraordinário.

5.8.3. Manutenção Corretiva

É o conjunto de operações que normalmente são executadas uma ou mais vezes a cada ano e que tem como objetivo manter todos os elementos da estrada, com o mínimo

possível de alterações, com as mesmas características e condições que apresentam logo após sua construção ou recuperação.

Se ocupará de ações de reparação de avarias ou danos à estrada, tais como recolhimento de barreiras, recomposição de aterros, tapa buracos em pontos localizados, limpeza e reparos simples de dispositivos de drenagem, capina química, roçadas com roçadeiras portáteis e manutenção de cercas de mourões e arames.

A manutenção de cercas de divisa entre a estrada municipal e as fazendas poderá ser compartilhada com os proprietários destas. Ficando a prefeitura de fornecer os mourões de eucalipto e os rolos de arame farpado.

5.8.4. Manutenção Preventiva

Conjunto de atividades que normalmente são executadas com o intuito de evitar o surgimento ou agravamento dos defeitos, preservar as características superficiais, a integridade estrutural e, conseqüentemente, a serventia da estrada. Inclui nesta atividade, os serviços relacionados como :

- ✓ Recomposição ou construção da camada de revestimento primário;
- ✓ Reparos, limpeza ou construção de obras de arte corrente (canaletas, valetas, bueiros, escadas d'água, caixas e alas) e obras de arte especiais (pontes e túneis);
- ✓ Capina manual ou química, roçada manual ou mecanizada;
- ✓ Manutenção ou construção de cercas de divisa.

5.9. Programa de Manutenção Preventiva

- Ações ao longo do ano.
- Desobstrução de canais escoradores, bueiros e etc.
- Manutenção de vegetação de proteção (roçar taludes e faixas laterais).
- Regularizar a superfície da estrada (motoniveladora).

- Reposição de material granular utilizando tratamento primário.
- Manutenção de terraços, lombadas, bacias de captação, tubulações de fluxo transversal.

5.9.1. No Uso do Encascalhamento

A operação de encascalhamento na realidade será a construção da camada final usando o cascalho, material de índice de grupo zero. Trata-se a grosso modo, de processo semelhante ao do usado no subleito das estradas asfaltadas. Este material será espalhado sobre a superfície da estrada a ser trabalhada, previamente preparada e depois deverá ser criteriosamente compactada, conforme descreveremos abaixo em detalhes.

5.9.2. Processo de Compactação do Solo

Deve-se observar atentamente, o processo de compactação do solo, evitando-se, futuramente, solapação, depressões, rupturas, danos estruturais, entre outros que podem ser causados à pista de rolamento. A umidade tem influência direta no resultado da boa compactação, de maneira que sempre deve-se procurar fazer a compactação quando o material (solo) encontrar-se no seu teor de umidade ótimo, visto que corresponde ao grau máximo de compactação.

Um método mais prático consiste pegar uma parte do solo a ser empregado e tentar moldar um charuto na palma da mão. Se esfarinhar está no ramo seco. Se deixar a mão melada, muito suja, significa que está no ramo úmido. Se conseguir fazer o charuto este será o teor de umidade ótima.

A ação dos equipamentos de compactação é superficial, variando conforme suas características, sendo que na maior parte destes, a ação é aproximadamente de 20 a 30 cm de profundidade. A não observância desta capacidade, implica que nas profundidades maiores, o equipamento não exercerá

nenhuma ação. Portanto o material a ser compactado deverá ser distribuído em camadas que não excedam a capacidade do equipamento.

De maneira geral, a compactação dos solos por meios mecânicos (compactadores), segue o roteiro seguinte. Aqui abordaremos o caso específico da camada de encascalhamento, mas que poderá ser adaptado para o uso na construção de qualquer aterro:

1. Transporte do material (cascalho = 33% pedregulho, 33% areia, 33% argila) da jazida. Primeiro precisamos localizar jazidas com este cascalho (material com índice de grupo zero), em pontos estratégicos do município, de modo a realizar a menor distância média de transporte possível;
2. Devemos escarificar a superfície velha da estrada antes de lançar o material transportado da jazida. Lançamos o material no local. Depois faremos a homogeneização deste material e da umidade com o uso de caminhões pipa, tratores agrícolas com grades de arrasto ou motoniveladoras (Patrol);
3. Faremos o nivelamento da camada de cascalho com a motoniveladora, dando o caimento adequado em direção as laterais da estrada onde estão as valetas;
4. Faremos a compactação com o rolo pé-de-carneiro, tantas vezes quanto necessárias para uma boa compactação. Na prática o número de passadas fica entre 4 e 6 vezes a uma velocidade de 4 a 6 km/h;
5. Faremos um novo nivelamento com a Patrol, dando o caimento necessário na pista e reformatando as valetas com a lâmina;
6. No final faremos uma compactação com o rolo liso até o grau desejado.

6. OS EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NAS OBRAS

- Equipamentos recomendáveis.
- Definição e Importância da Manutenção do Equipamento.
- Tipos e Manutenção dos Equipamentos.
- Indicadores de desempenho de Equipamentos.
- Rendimento Operacional e Consumo de Equipamentos
- Recomendações Sobre a Operação dos equipamentos.
- Recomendações Sobre a Manutenção dos Equipamentos de Trabalho.
- Recomendações Sobre a Manutenção dos Equipamentos de Segurança de Trabalho. (EPI)

Na execução das atividades relacionadas aos trabalhos em adequação, recuperação e manutenção das estradas rurais de terra, é necessário um conjunto mínimo de equipamentos para que possamos obter resultados positivos e com durabilidade maior.

Passamos abaixo uma relação mínima dos equipamentos recomendados em cada atividade durante a execução dos trabalhos:

• **Compactadores**

Este equipamento é utilizado na compactação dos aterros. Os mais populares são os fabricados pela Dynapac e pela Müller. Possuem um peso que gira em torno de 5 toneladas, e sua velocidade de trabalho deverá ser realizada entre 4 e 6 km/h. Suas medidas aproximadas são: comprimento 4 metros, largura 2,20 metros e altura 1,45 metros. Existe possibilidade de aumentar seu peso, introduzindo areia no cilindro.

• **Motoniveladoras (Patrol)**

A Motoniveladora (Patrol) serve para escavar, deslocar e nivelar uma superfície de terra. Sua lâmina pode adotar qualquer inclinação em relação ao eixo de marcha e ao

plano horizontal. Esta máquina é empregada para deslocar lateralmente grandes quantidades de materiais e para arrumação de superfícies e taludes. Existem diversas marcas disponíveis no mercado, entre elas a Cartepillar, a Dresser, a Case, etc. Além da lâmina, estas máquinas possuem escarificadores que servem para revolver o solo duro para misturar e reintegrar com o novo material. Suas dimensões aproximadas são: comprimento 7,90 metros, largura 2,40 metros e altura 3,20 metros. Seu peso é aproximadamente 12 toneladas. Sua lâmina é de 3,70 metros de comprimento, 60 centímetros de largura e 2 centímetros de espessura. Sua velocidade à frente varia de 4 a 35 km/h e à ré 7 a 23 km/h em média.

• **Retroescavadeiras**

Máquina de larga utilização nas obras de manutenção de estradas. É versátil devido a seu porte. Muito útil na construção de bueiros e no carregamento de terra. Ótima para recolhimento de barreiras. Possui um raio de giro de 180°. Alcança até 4,20 metros de profundidade com a caçamba da retro. Sua força de escavação é de 4 toneladas, e é capaz de elevar até 1,1 toneladas de carga com sua caçamba dianteira.

• **Pá Carregadeiras**

Utilizada para carregar terra com um mínimo de operações de manobra, esta máquina montada sobre pneumáticos, propicia grande versatilidade. Existem diversos modelos no mercado e isto faz com que variem muito suas características. Abaixo apresentamos os dados de dois modelos dos mais usados:

• **Tratores de Esteira**

São máquinas dotadas de uma lâmina de aço na parte frontal. Serve para cortar e empurrar terras, matacões e entulhos, destacar troncos de árvores, etc. Dos modelos da Caterpillar o mais apropriado para uma prefeitura de

pequeno porte é o D6D, cujas dimensões são as seguintes: comprimento 3,73 m, altura 3,06 m, largura 2,36 m. O comprimento da lâmina é de 4,93 m e o peso do trator é de 14.490 kg. A potência do motor 142 HP.

- **Roçadeiras Mecânicas Portáteis**

É um equipamento muito versátil e bastante útil, pois resulta em maior produtividade na realização de um trabalho tão necessário como a roçada. Existe um grande número de modelos e fabricantes. É de uso portátil, posicionando na lateral do operador, dependurado por uma alça. Tem aproximadamente 1,75 m de comprimento e pesa 6 quilos. Motor de 2 tempos refrigerado a ar, em torno de 21 cc. Rotação normal vai de 6000 a 7500 rpm. Ignição por magneto, com acionamento por corda. Possui várias lâminas, com duas ou três foices, ou de 8 a 40 dentes.

- **Caminhão Basculante**

Equipamento que possui uma caçamba de metal e um mecanismo de elevação hidráulica ou elevação mecânica que possibilita descarregar rapidamente materiais a granel, de forma independente. A elevação atinge alguns ângulos e facilita muito a descarga economizando o tempo de descarga, minimizando a força de trabalho necessária, encurtando o ciclo de transporte, melhorando a produtividade, e reduzindo os custos de transporte. Pode trabalhar em conjunto com máquinas de escavação, pá carregadeira, transportando materiais soltos, principalmente areia, terra, pedra, brita e cascalho.

6.1. Recomendações sobre a Operação dos Equipamentos

Temos observado ao longo da vida profissional, alguns procedimentos que provocam resultado inverso ao que se pretende em termos de manutenção de estrada de terra.

Abaixo relacionamos alguns deles:

- Patrolar a estrada, ou seja, passar apenas a motoniveladora para regularizar a conformação da seção da plataforma. Neste procedimento não tendo cuidado com a compactação do solo, deixando esta tarefa por conta dos veículos que por lá trafegarão. Acontece que os veículos terão trajetórias aleatórias ficando algumas faixas sem nenhuma compactação. A energia de compactação também não é suficiente. Isto vai resultar em uma estrada sem compactação, surgindo muita poeira em época de seca e buracos, valas e atoleiros em época de chuvas.

- Cortar o barranco com a motoniveladora para aterrar buracos. Este procedimento é muito prejudicial, pois o material do barranco pode ser (na maioria das vezes é) inadequado para ser utilizado para esta finalidade. Em alguns casos os operadores tiram tanta terra do barranco que instabilizam as cercas de divisa, deixando os fazendeiros insatisfeitos.

- Patrolar a estrada em época de chuvas, no meio de uma estiagem, tentando adivinhar o momento adequado para se fazer este serviço. Vale lembrar que a melhor compactação se dará com o solo em seu teor de umidade ótimo. Em época de chuva isto é impossível. O que vai se conseguir é uma grande produção de atoleiros. O ideal é ter um planejamento anual e cumpri-lo com todo o critério técnico profissional.

- Desprezar a limpeza dos dispositivos de drenagem. É o que acontece todos os anos. Deixa-se de fazer um trabalho barato e provoca-se danos e avarias nas estradas, com prejuízos financeiros enormes, tendo que reconstruir longos trechos no momento pior que é a época das chuvas.

6.1.1. Observação Final:

Quem gerencia deve verificar o resultado do trabalho da sua equipe, para não ficar na suposição do que está se fazendo está certo. No caso de estradas de terra, cabe ao responsável (supervisor, chefe, secretário municipal, etc.) trafegar pela estrada após o serviço realizado, inspecionando o que foi feito,

conferindo se está tendo um bom resultado, principalmente após as ocorrências de chuvas. Estes percursos devem ser feitos a pé em alguns trechos. Muitas vezes as chuvas são acusadas erroneamente por calamidades e catástrofes, mas na realidade as falhas humanas, que são provocadas por imperícia, negligência e/ou imprudência é que são as causas verdadeiras e que devem ser corrigidas nestas inspeções.

6.2. Conceitos de Manutenção dos Equipamentos:

Para que um sistema de planejamento seja eficaz, é necessário que sejam observados os princípios básicos de controle dos trabalhos que podem assim ser descritos:

1. O planejador deve ter autoridade ou acesso a ela para tomar decisões que influenciem a carga de trabalho ou os recursos disponíveis, bem como a designação das prioridades;
2. O planejador deve dispor de informações corretas e atualizadas, seja da carga de trabalho, seja dos recursos disponíveis;
3. As áreas de responsabilidade e as linhas de comunicação entre os níveis de planejamento devem ser definidas com clareza.
4. Determinar um programa de trabalho de manutenção preventiva, ao longo do ano, em cargas semanais;
5. Atender os projetos de modificações de fábrica, solicitados por ordens de serviço (OS);
6. Atender as paralisações e trabalhos de emergência.

Do planejamento apresentado, pode-se afirmar que:

- Uma ordem de serviço pode ser executada pelo encarregado durante e após a paralisação, sendo utilizada neste caso, principalmente como realimentação do controle dos trabalhos;

- As ligações entre as equipes e sua supervisão e entre esta e o planejamento devem ser diretas, a fim de melhor acompanhar:

- a prioridade das paralisações;
- a eventual escassez de recursos;
- os trabalhos adicionais necessários;
- os trabalhos por concluir.

O problema de planejamento de manutenção se resume na investigação de um programa de procedimentos que possibilite examinar e conhecer o esforço humano capaz de determinar a melhor maneira para se alcançar um objetivo. Neste caso, não é simplesmente achar uma maneira para se resolver um problema de manutenção, mas a melhor maneira. Para isso, adota-se a seguinte sequência de ações:

1. Selecione o trabalho, a tarefa ou o problema a ser estudado. Ele poderá afetar um trabalho individual, uma seção de uma fábrica ou até mesmo uma fábrica inteira;

2. Defina os objetivos que deverão ser alcançados. A realização destes objetivos poderá envolver a utilização de capital, materiais, pessoal, equipamentos, espaço, etc. Poderá exigir um sequenciamento de eventos e a locação das atividades;

3. Liste os Fatos Relevantes utilizando manuais de processo, desenhos de instalações em escala, diagramas indicativos de movimentos e até mesmo técnicas de filmagem;

4. Examine todos estes fatos de uma maneira crítica e sistemática;

5. Desenvolva o melhor método para solucionar o problema;

6. Implante o melhor método, considerando-o como uma prática padrão;

7. Mantenha este novo método implantado e verifique os resultados alcançados através das verificações regulares de rotina.

6.3. Definição e Importância da Manutenção dos Equipamentos

Entende-se por manutenção o conjunto de procedimentos que visam manter os equipamentos nas melhores condições de funcionamento e prolongar-lhes a vida útil, através de lubrificação, ajustagens, revisões e proteção contra agentes que lhe são nocivos.

Objetivos:

A evolução tecnológica crescente dos equipamentos de produção exige profissionais com elevada capacitação na manutenção. A atuação da manutenção assume uma amplitude cada vez maior, tendo influência direta na qualidade, capacidade de produção e evolução tecnológica das empresas.

No estágio atual de desenvolvimento, fatores como meio ambiente e segurança começa a adquirir importância crescente. O esgotamento dos recursos naturais, níveis de poluição e a qualidade de vida, exigem investimentos elevados, pois a maioria dos processos industriais não foi concebida com esta preocupação.

6.4. Tipos de Manutenção dos Equipamentos

1- Manutenção Preventiva

Manutenção preventiva é a manutenção realizada a intervalos preestabelecidos, para execução de ações

programadas, verificação do estado geral do equipamento, reparos ou substituição de seus componentes, lubrificação e ajustes.

Alguns Tipos de Manutenção Preventiva:

- Controle de Abastecimento: (Água, Combustível e Óleos)
- Decantação e filtragem do combustível.
- Manutenção dos filtros (Ar, Combustível, Óleo lubrificante)
- Manutenção do sistema de arrefecimento.
- Manutenção de baterias.
- Manutenção e pressão dos pneus.
- Verificar os instrumentos do painel (medidor de pressão, temperatura, etc).

2- Manutenção Corretiva

Este tipo de manutenção somente é realizada quando o equipamento apresenta falhas ou defeitos.

3- Manutenção Preditiva

Manutenção realizada através de análise de óleos lubrificantes, detectando e identificando partículas metálicas resultantes do desgaste ou alterações físico-químicas do óleo.

6.5. Indicadores de Desempenho de Equipamentos:

Os indicadores de desempenho são parâmetros utilizados para avaliar a eficiência dos trabalhos de manutenção.

Existem ainda os Indicadores de Custos, que avaliam os custos diretos e indiretos da manutenção.

Normalmente os Indicadores de Custo relacionam o custo de manutenção com o faturamento total da empresa ou com a unidade de produção (Ex. toneladas de produção).

6.6. Tabela de Rendimento Operacional e de Consumo de Equipamentos

Para qualquer atividade a ser executada além da qualidade e produtividade nos trabalhos em estradas rurais, há de se ter sempre em mente e analisado constantemente o rendimento operacional e consumos dos equipamentos envolvidos nos trabalhos.

Na tabela “1” a seguir os autores sugerem o modelo de rendimento e consumo nos serviços, acrescentando os itens necessários ou retirando aqueles que foram previstos.

TABELA 1 - Rendimento e consumo de combustível

Serviço/operação	Equipamento	Unidade	Rendimento/hora	Consumo de diesel/hora
Recuo retorno da camada vegetal - 10 a 15 cm	T Esteira AD 7	m2	600,00	14,00
	Pá carregadeira - Pequena - 93 hp	m2	500,00	15,00
Recuo retorno da camada vegetal - Camada de 20 cm	T Esteira AD 7	m2	400,00	14,00
	Pá carregadeira - Pequena - 93 hp	m2	350,00	15,00
Carga de materiais	Pá carregadeira - Pequena	m3	30,00	15,00
Transporte de materiais	Basculante 5 m3	km	20 km/h ida e volta	10,00
Transporte de materiais	Basculante 8 m3	km	20 km/h ida e volta	12,00
Escavação e transporte até 25 m - abatimento de talude	T Esteira 95 hp	m3	50,00	14,00
	T Esteira 125 hp	m3	80,00	22,00
	Pá carregadeira - Pequena - 93 hp	m3	45,00	15,00
	Escavadeira hidráulica	m3	120,00	20,00
Compactação	Rolo Compactador Vibratório	m2	200,00	18,00
	Pé de Carneiro	m2	500,00	18,00
Umedecimento	Caminhão Pipa	m2	5.000,00	10,00
Conformação da plataforma	Motoniveladora	m2	4.000,00	22,00
Construção de Lombadas	Pá Carregadeira - Média - 130 HP	unidade	3 Lomb./h	22,00
Manutenção de Lombadas	Pá Carregadeira - Média - 130 HP	unidade	3 Lomb./h	22,00
Construção de Bigodes	Trator de Esteira 95 HP	m	35,00	14,00
Limpeza de Manutenção de Bigodes	Trator de Esteira 95 HP	m	50,00	15,00
Construção de Caixa de Captação	Pá Carregadeira - Média - 130 HP	unidade	0,33h	22,00

6.7. Recomendação Sobre a Segurança do Operador:

- O operador deverá usar roupas e calçados adequados e equipamentos de segurança - EPI (especialmente protetor auricular, no caso de operadores de máquinas);
- O transporte de extras/caronas só deverá ocorrer se o equipamento for dotado de assento disponível para esta finalidade;
- Evitar a permanência de terceiros na área de operação do equipamento;
- Solicitar atenção redobrada dos operadores quando trabalharem próximos a cabos de eletricidade, habitações e locais íngremes, sinalizando-os;
- Ao proceder o abatimento de uma árvore, controlar o espaço dentro de um raio igual à altura da árvore, impedindo a presença de qualquer pessoa. Atente, também, quando houver mudança na direção da queda do tronco, queda de galhos secos, fiação elétrica, outras instalações ou animais;
- O operador não deverá sair do assento, em um escavo/ carregador ou trator, sem que a caçamba ou lâmina tenha sido abaixada até o solo;
- O operador não deverá trafegar com a caçamba do carregador frontal levantada a mais que 60 centímetros do solo;
- Não permanecer dentro da cabina do caminhão quando ele estiver sendo carregado.
- É essencial que o operador conheça perfeitamente a localização e função dos diversos controles e instrumentos do equipamento.
- Deve conhecer os procedimentos para partida do equipamento, assim como as paradas e como estacionar.
- Habitue-se a inspecionar o equipamento por todos os lados.
- Conhecer os ajustes de tratores de esteiras, motoniveladoras e caçambas de pás carregadeiras.

- Antes de movimentar o equipamento, funcionar o motor por alguns minutos em marcha lenta.
- Evitar aceleração repentina com o motor frio.
- Não efetue ajustes com o equipamento em movimento ou com o motor funcionando.

BIBLIOGRAFIA PESQUISADA :

- BOLETIM TÉCNICO – CATI - Conservação de solo em microbacias, São Paulo: CAIC, n.01, Março 1987.
- BOLETIM TÉCNICO – CATI - Controle de Erosão em estradas Rurais Campinas: CATI, n.207, Janeiro 1992.
- CODASP- Recuperação de Estradas Rurais, Anotações Técnicas, DO - Projetos e Apoio Técnico - Março 2010.
- DREW, D. – Processos Interativos Homem-Meio Ambiente, Ed. Bertrand Brasil. Rio de Janeiro (RJ), 2011.
- ILTON BATISTA CAMILO – ADEQUAÇÃO DE ESTRADAS RURAIS Técnico em Agropecuária – Escritório Local da Empaer - MT, Jaciara-MT.
- INFORMAÇÃO TÉCNICA, No. 18, 1993,Adequação de Estradas Rurais em Microbacias Hidrográficas-Especificações de Projeto e serviços, Curitiba 1992.
- IPT-SÃO PAULO - Manual Técnico para Conservação e Recuperação, Estradas Vicinais de Terra-1985. Manual CATI. n. 77, Julho 2003- Estradas Rurais - Programa Microbacias Hidrográficas-PEMBH.
- NUNES, TERCIA VALFRIDIA LIMA, Método de Previsão de Defeitos em Estradas Vicinais de Terra, com Base o Uso nas Redes Neurais Artificiais: Trecho de Aquiraz - CE, Fortaleza, ano 2003, Programa de Mestrado em Engenharia de Transporte- Centro de Tecnologia Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2003.
- SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO, GOVERNO PARANÁ - Empresa Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural, Adequação de Estradas Rurais Integradas aos Sistemas Conservacionistas, Curitiba-2004.

ZOCCAL, J.C. Controle de erosão em estradas rurais variante-trecho AVM-150. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSIÃO. 6.1988. Presidente Prudente: ABGE, 1998. p.45-46.

ZOCCAL, J.C. Soluções cadernos de estudos em conservação do solo e água, Presidente Prudente, v.1, n.1, Maio 2007. Estradas Rurais- Técnicas Adequadas de Manutenção- B13 Baess,Dalcio Pickler- Estradas Rurais Técnicas Adequadas de Manutenção- Florianópolis, DER, 2003.

Consultas internet: último acesso em 30/12/2013:

http://www.cnm.org.br/index.php?option=com_content&view=article&id=21750:divulgada-a-lista-de-municipios-selecionados-para-receberem-retroescavadeiras-motoniveladoras&catid=34:agricultura-e-pecuaria&Itemid=118

-ESTRADA RURAL: Principais Defeitos.

<http://estradarural.blogspot.com.br/p/principais-defeitos.html>
Acesso em 12/06/2014

Impressão:
Gráfica e Editora Tavanti
Tel: 17 3229 1355