

**CENTRO UNIVERSITÁRIO ANTÔNIO EUFRÁSIO DE TOLEDO DE PRESIDENTE  
PRUDENTE**

**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**OS PROBLEMAS DAS ESTRADAS RURAIS E SUAS POSSÍVEIS FORMAS DE  
PRESERVAÇÃO**

**KELLY CRISTINE ENCENHA**

Presidente Prudente/SP

2019

**CENTRO UNIVERSITÁRIO ANTÔNIO EUFRÁSIO DE TOLEDO DE PRESIDENTE  
PRUDENTE**

**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**OS PROBLEMAS DAS ESTRADAS RURAIS E SUAS POSSÍVEIS FORMAS DE  
PRESERVAÇÃO**

**KELLY CRISTINE ENCENHA**

Trabalho de Curso apresentado como  
requisito parcial de Conclusão do Curso para  
obtenção do grau de Bacharel em  
Engenharia Civil, sob a orientação do Prof.  
Dr. Rodrigo Cezar Criado.

Presidente Prudente/SP

2019

# **OS PROBLEMAS DAS ESTRADAS RURAIS E SUAS POSSÍVEIS FORMAS DE PRESERVAÇÃO**

Trabalho de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. **Dr. Rodrigo Cezar Criado**

Examinador: Prof. **Esp. Fernando César Húngaro**

Examinador: Prof. **Ms. Marcos Rodrigues Frois**

Presidente Prudente, 12 de novembro de 2019

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha esposa, que sempre me apoiou, auxiliou e incentivou nunca medindo esforços para a conclusão da minha graduação.

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço a Deus, por estar sempre ao meu lado, me dando forças para superar mais esse desafio. À minha família, que entendeu todas as ausências de finais de semanas, festividades e almoços rápidos, e por ser meu suporte por toda a vida. Ao meu irmão, que me auxiliou em muitas dúvidas e trabalhos ao longo desses cinco anos de graduação. Agradeço à minha esposa pela paciência e compreensão nesses cinco anos de ausência social, de estresse e esgotamento mental, e por estar ao meu lado em todos os momentos difíceis desse curso, sempre me incentivando quando a vontade de desistir era maior. Ao meu orientador Prof. Dr. Rodrigo Cezar Criado, por primeiramente ter aceitado ser meu orientador, e por todo apoio, auxílio e dedicação nesses anos de aprendizado. Aos meus examinadores, Prof. Ms. Marcos Rodrigues Frois, Prof. Esp. Fernando César Húngaro, por todo ensinamento oferecido, e por terem aceitado meu convite. Aos meus amigos de curso, por esses anos de convívio em sala e pela ajuda mútua. Por fim, agradeço às amizades feitas ao longo desses cinco anos, em especial a Mario Marcus Meira, Sidney Garcia Jr. e Hélio Garcia de Paiva Jr., sem o bom humor de vocês seria difícil concluir o curso, e à todo o auxílio nos momentos difíceis de estudo.

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1:</b> Ciclo hidrológico. ....	15
<b>FIGURA 2:</b> Ausência de estruturas de condução e armazenamento de água.....	18
<b>FIGURA 3:</b> Erosão no leito da estrada.....	24
<b>FIGURA 4:</b> Assoreamento causado pelo arraste de partículas de solo de uma estrada rural. ....	27
<b>FIGURA 5:</b> Demonstra o nível de assoreamento na região do Pontal do Paranapanema.....	28
<b>FIGURA 6:</b> Início da formação de barrancos laterais devido à manutenção incorreta com a motoniveladora. ....	32
<b>FIGURA 7:</b> Esquema apontando os elementos da seção transversal de uma estrada rural. ....	34
<b>FIGURA 8:</b> Exemplo de berço de concreto e rejuntamento. ....	36
<b>FIGURA 9:</b> Alvenaria em blocos cerâmicos de concreto e pré-moldados. ....	36
<b>FIGURA 10:</b> Instalação de drenagem profunda com feixes de bambu. ....	38
<b>FIGURA 11:</b> Abertura de vala e instalação de drenagem profunda. ....	38
<b>FIGURA 12:</b> Esquema de construção de dreno profundo com brita, tubo drenante e manta geotêxtil. ....	39
<b>FIGURA 13:</b> Execução de canaletas de concreto em estrada rural.....	40
<b>FIGURA 14:</b> Execução de canaletas vegetadas em estrada rural. ....	40
<b>FIGURA 15:</b> Lançamento do material granular (A), Escarificação (B), Incorporação (C), Mistura solo-brita homogênea. ....	42
<b>FIGURA 16:</b> Teste expedito para verificação da umidade adequada de compactação.....	43
<b>FIGURA 17:</b> Construção de lombada. ....	45
<b>FIGURA 18:</b> Locação de segmentos de terraços (“bigodes”). ....	46
<b>FIGURA 19:</b> Bacia de captação. ....	47
<b>FIGURA 20:</b> Ondulações. ....	49
<b>FIGURA 21:</b> Rodeiros. ....	49
<b>FIGURA 22:</b> Atoleiros. ....	50
<b>FIGURA 23:</b> Areiões de baixada.....	51
<b>FIGURA 24:</b> Rocha aflorante. ....	52
<b>FIGURA 25:</b> Costela de vaca.....	53

<b>FIGURA 26:</b> Pista derrapante. ....	53
<b>FIGURA 27:</b> Pista escorregadia. ....	54
<b>FIGURA 28:</b> Segregação lateral. ....	55
<b>FIGURA 29:</b> Erosão de leito. ....	56
<b>FIGURA 30:</b> Erosão de lateral. ....	56

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 1:</b> Limites para as velocidades médias de escoamento.....	21
<b>TABELA 2:</b> Velocidades máximas não erosivas $v_c$ (m s <sup>-1</sup> ) para materiais coesivos e não coesivos (para lâmina d'água de 1 m e canais retilíneos) e fatores de correção para diferentes condições de altura de lâmina e sinuosidade do canal. ....	22
<b>TABELA 3:</b> Tipo de leito e velocidades máximas recomendáveis para o escoamento da água. ....	22
<b>TABELA 4:</b> Velocidades máximas não erosivas ( $v_c$ ) e valores de tensão de cisalhamento ( $\tau_c$ ) associadas a diferentes tipos de materiais e coeficientes de rugosidade ( $n$ ) .....	23
<b>TABELA 5:</b> Máximo e mínimo em função da declividade da rampa.....	35



## LISTA ABREVIATURAS E SIGLAS

**m** – metros;

**cm** – centímetros;

**mm** – milímetros;

**ms<sup>-1</sup>** – metro vezes segundo elevado a menos 1;

**Codasp** – Companhia de Desenvolvimento Agrícola de São Paulo;

## RESUMO

O presente trabalho tem como proposta analisar as possíveis soluções que, apresentadas, podem sanar ou diminuir os impactos negativos causados pela manutenção, construção, e ineficiência ou ausência do sistema de drenagem de estradas não pavimentadas, e orientar no procedimento, quando na execução da restauração de estradas já implantadas, a fim de preservar as condições favoráveis do sistema de drenagem.

Os problemas provenientes destas ações serão descritos no decorrer deste trabalho, onde os mesmos geram grandes danos à sociedade de forma geral e ao meio ambiente como um todo. Podendo, estes, serem evitados se fossem empregados determinados recursos nas obras para uma melhor qualidade de execução da manutenção e conservação das estradas de terra, e segurança e conforto ao usuário.

**Palavras-chave:** Estrada de terra; Sistema de drenagem; Conservação do solo; Manutenção de estradas rurais; Recuperação de estradas.

## **ABSTRACT**

The present work aims to analyze the possible solutions that, presented, can remedy or reduce the negative impacts caused by the maintenance, construction, and inefficiency or absence of the unpaved road drainage system, and guide the procedure when performing the restoration, already implemented roads in order to preserve the favorable conditions of the drainage system.

The problems arising from these actions will be described throughout this work, where they cause great damage to society in general and to the environment as a whole. These may be avoided if certain resources were used in the works for a better quality of maintenance and maintenance of the dirt roads, and safety and comfort to the user.

**Keywords:** Dirt road; Drainage system; Soil conservation; Maintenance of rural roads; Road recovery.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
<b>2. CICLO HIDROLÓGICO</b>	<b>15</b>
2.1. CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA	16
<b>3. DRENAGEM</b>	<b>16</b>
3.1. SISTEMA DE DRENAGEM PLUVIAL	17
3.2. IMPACTOS DO SISTEMA DE DRENAGEM	17
3.2.1. INUNDAÇÕES	17
3.2.2. ALAGAMENTOS	18
3.2.3. EROÇÃO DE SOLO	18
3.2.3.1. TIPOS DE SOLOS	24
3.2.4. CONTAMINAÇÃO DE AQUÍFEROS	26
3.2.5. ASSOREAMENTO DE RIOS	26
<b>4. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS ESSENCIAIS PARA UMA ESTRADA DE TERRA</b>	<b>29</b>
<b>5. RECUPERAÇÃO/MANUTENÇÃO DE ESTRADAS DE TERRA</b>	<b>29</b>
5.1. ADEQUAÇÃO DE TALUDES E LEITO	33
5.2. OBRAS COMPLEMENTARES	35
5.2.1. TUBULAÇÃO DE FLUXO TRANSVERSAL	35
5.2.2. DRENAGEM PROFUNDA	37
5.2.3. ATERROS	39
5.2.4. CANALETAS	39
5.3. REVESTIMENTO PRIMÁRIO	41
5.3.1. ETAPAS DE EXECUÇÃO DO REVESTIMENTO PRIMÁRIO	41
5.3.1.1. PREPARO DA SUB-BASE	41
5.3.1.2. LANÇAMENTO E HOMOGENEIZAÇÃO	41
5.3.1.3. COMPACTAÇÃO	42
5.3.1.4. ACABAMENTO	43
5.3.1.5. AGULHAMENTO	43
5.4. LOMBADAS	44
5.5. SEGMENTOS DE TERRAÇO	45
5.6. BACIA DE CAPTAÇÃO	46
<b>6. PRINCIPAIS PROBLEMAS ENCONTRADOS EM ESTRADAS RURAIS</b>	<b>48</b>
<b>7. SOLUÇÕES</b>	<b>57</b>
<b>8. JUSTIFICATIVA</b>	<b>60</b>
<b>9. OBJETIVOS</b>	<b>60</b>

9.1. OBJETIVO GERAL.....	60
<b>10. METODOLOGIA.....</b>	<b>60</b>
<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>61</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>62</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Vivemos em uma era aonde a palavra mais utilizada, empregada e disseminada no mundo todo é a sustentabilidade. Há muito se fala em preservação ambiental, preservação da fauna e flora, preservação de rios, economia de recursos, entre outros. Beiramos ao colapso ambiental, e o sentimos cada vez mais próximo quando enfrentamos cada crise energética. Sofremos essas crises desde 1985, onde a mais grave ocorreu em 2001, levando o país ao racionamento de energia, e a população à conscientização de economia por medo de ficar no escuro.

Nosso potencial energético advém do recurso hídrico, abundante no Brasil, porém, abundante não quer dizer infinito. A água está se tornando escassa no mundo todo. Precisamos, de forma urgente, preservar esse recurso natural, seja na conscientização do desperdício, da ilegalidade e na execução de obras que não favoreçam a degradação desse recurso, como o assoreamento de rios, mananciais, contaminação de lençóis freáticos, dentre outros.

A expansão urbana se dá cada vez mais, de forma desordenada e à velocidade crescente, onde se aproxima cada vez mais das áreas rurais. Essa aproximação exige a interligação do meio rural ao urbano, a qual ocorre por estradas rurais não pavimentadas. A ligação urbana se dá através de estradas pavimentadas, as rodovias. Ambas, não pavimentadas e pavimentadas, são as portas de acesso ao desenvolvimento social, econômico, cultural e entre outros. Porém, da mesma forma que traz benefícios infinitos, também geram danos graves à sociedade como um todo.

Dentre os principais danos causados pelas vias, está o sistema de drenagem pluvial. Seja pelo mau planejamento, execução, erros em sua manutenção ou pela falta do mesmo, o resultado das falhas no escoamento da água pluvial geram graves problemas urbanos como, erosões de solo, assoreamento de rios, poluição das águas, enchentes, alagamentos, aquaplanagem, inviabilidade da via, dentre outros, sem deixar de considerar as soluções onerosas.

Devido a esta problemática, a revisão bibliográfica sobre construção e manutenção de estradas de terra em conjunto com o sistema de drenagem pluvial e os impactos proporcionados por estes, fazem o presente estudo. Dando-se ênfase, na execução de forma correta e eficaz para a solução dos problemas gerados.

Estradas rurais são faixas de terra, utilizadas como vias de acesso principais das comunidades pelas quais escoam a produção agropecuária e do campo, onde interligam campo e cidade, recebendo o nome de vicinais. Utilizadas por pessoas a pé, carroças, animais montados e veículos leves. Que, quando bem cuidadas, favorecem a vida e em contra partida, malcuidadas, destroem. Servem de corredores, porém sem atividade econômica na sua passagem, não tendo prioridade alguma aos municípios, estados e governo.

Já as rodovias, são definidas como caminho público, realizadas mediante estudos prévios e requisitos técnicos. São utilizadas por veículos leves e pesados que estejam fora do perímetro das cidades. Também conhecidas como autopista ou autoestrada, podendo ser pista dupla, pavimentada, de alta velocidade. Tornou-se o principal meio de transporte terrestre.

Desta forma, adotaremos práticas de conservação de solo e água para a manutenção do equilíbrio entre produção e uso dos recursos naturais renováveis, na execução de estradas de terra.

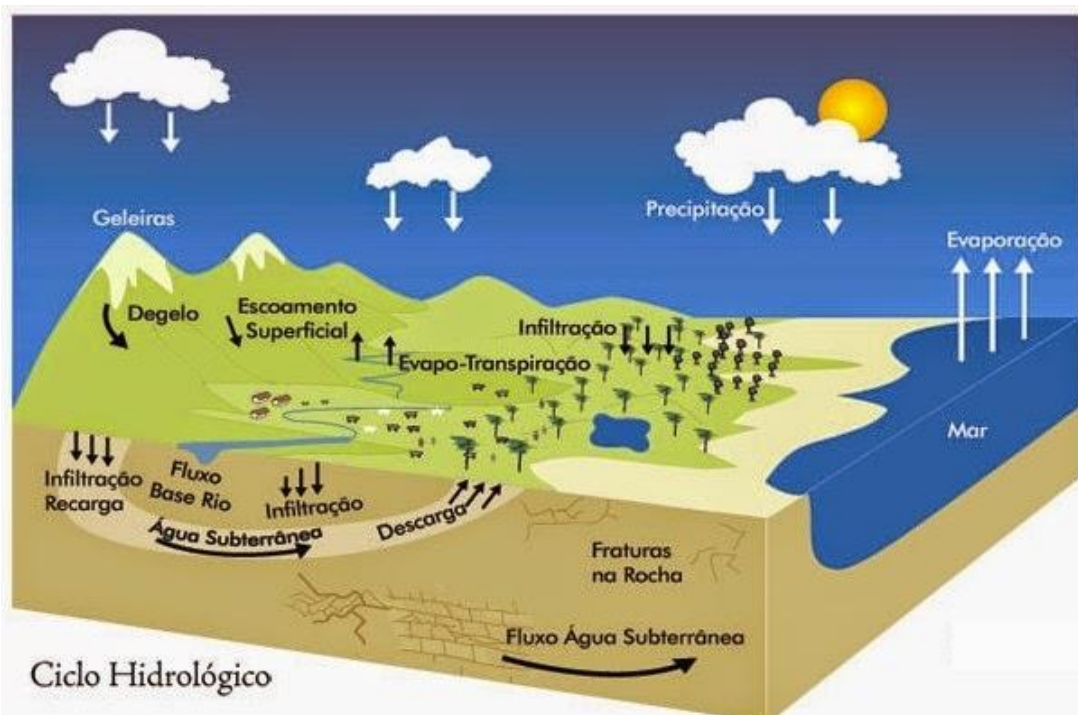
De acordo com Silva (2011, p. 11), para ocorrer a implantação de um sistema de drenagem em uma estrada de terra, deve-se levar em consideração a declividade transversal do leito, a construção de canais de escoamento ao longo das margens da estradas e a implantação de canais para ocorrer a remoção do escoamento superficial para fora da estrada. Sendo necessária, dependendo das situações, considerar a implantação de estruturas hidráulicas para que haja a retenção e posteriormente a infiltração do volume escoado superficialmente decorrente da estrada como sendo parte do sistema de drenagem. Onde transferir o volume escoado da estrada para áreas adjacentes que não tenham preparo ou capacidade de receber esse volume de água escoado, torna-se uma transferência de problema que ocorre nas estradas rurais.

## 2. CICLO HIDROLÓGICO

Para este estudo, o entendimento do ciclo hidrológico tem a finalidade de facilitar a visualização da infiltração da água no solo, ou seja, demonstrar como a percolação ocorre e quais resultados podem ser obtidos, sendo este de forma positiva através do abastecimento de lençóis freáticos ou da forma negativa com o escoamento superficial da água levando sedimentos, que por sua vez, ocasionam o assoreamento e contaminação de rios e lençóis freáticos, além do desabastecimento do mesmo. No caso deste trabalho, nos referenciaremos na dificuldade da infiltração da água no solo.

[...] entender que a água é o elemento constituidor da hidrosfera, distribuído em três reservatórios principais: oceanos, continentes e atmosfera. A integração entre estes se dá por meio de uma circulação contínua que é responsável pela renovação da água no planeta denominado de ciclo da água ou ciclo hidrológico. Sendo assim, esse movimento contínuo e dinâmico que transporta água de um lugar para outro é mantido pela energia solar e pela gravidade por meio da evaporação, transpiração, sublimação, condensação, precipitação, infiltração, escoamento superficial, de acordo com as leis físicas que dirigem essa ciclicidade. Os fenômenos que permitem o ciclo hidrológico é a coexistência dos três estados (sólido, líquido, gasoso), os quais implicam em transferências contínuas de um estado para outro. (MACHADO e PACHECO, 2010, p. 74)

**FIGURA 1:** Ciclo hidrológico.



Fonte: Disponível em [www.aquafluxus.com.br/wp-content/uploads/2015/10/MA-CicloHidrologico.jpg](http://www.aquafluxus.com.br/wp-content/uploads/2015/10/MA-CicloHidrologico.jpg), 2019.



## **2.1. Conservação do Solo e da Água**

O Brasil possui 12%, aproximadamente, de água doce do planeta, o que torna necessária as boas práticas de sua conservação e uso, garantindo sua disponibilidade quanto à quantidade e qualidade às atuais e as futuras gerações.

A distribuição desse recurso hídrico em território nacional ocorre de forma bem heterogênea, indo do rico ao pobre. Os corpos d'água do Brasil, em sua maioria, sofrem vários processos de degradação, como: desmatamento ocasionando impactos negativos em nascentes e matas ciliares, colocando em risco sua conservação e a qualidade dos recursos hídricos.

Recurso natural que se torna a base de atividades sociais e econômicas, assim como uso doméstico, industrial e agrícola, possibilitando o ciclo de produção, se fazendo essencial.

De formas conservacionistas, nosso país carece tecnicamente de estratégias de controle isolado para proteger o meio ambiente. Todavia, a proteção do meio ambiente necessita de formas mais objetivas de defesa em ampla escala, pois o futuro da sociedade e o crescimento em harmonia e contínuo da agricultura dependem da preservação da natureza de forma geral, da proteção e melhoria das condições para o homem.

Frente a essa situação, se faz mais do que necessária às boas práticas de preservação do solo e dos recursos hídricos, haja vista que a maior degradação do mesmo advém das estradas de terra em desconformidades.

## **3. DRENAGEM**

Elemento de importância fundamental, que atua na condução e controle do fluxo e volume d'água descartado em local já definido, este escoamento poderá ser mais superficial ou mais profundo, no subterrâneo.

Para o desenvolvimento de um sistema de drenagem, deve-se prezar pela garantia da fluidez do trânsito, sendo ele de pedestre e de veículos, obter um controle de inundações e evitar o risco de erosões do solo, livrar as propriedades localizadas no entorno de qualquer dano em decorrência de sua construção, assim como consequentemente prezar pela integridade dos cidadãos, evitando a contaminação desses indivíduos por patógenos decorrentes da água escoada, além

de não permitir áreas insalubres à esses indivíduos e também defender vias públicas e áreas públicas.

### **3.1. Sistema de Drenagem Pluvial**

As chuvas fortes, nos leva a concluir que a qualidade e eficácia de um sistema de drenagem é o que definirá se haverá ou não prejuízos maiores ou menores à população.

“O escoamento das águas das tormentas sempre ocorrerá, independente de existir ou não sistema de drenagem adequado.” (RAMOS, 1999, p. 10)

Atualmente, o sistema de drenagem é composto por dois outros sistemas de drenagem, o de microdrenagem e o de macrodrenagem, também conhecidos como drenagem superficial e drenagem profunda. O sistema de microdrenagem são aqueles constituídos por pavimentos, ou seja, as ruas, guias, sarjetas, boca de lobo, rede de galerias de águas pluviais e canais de dimensões pequenas. Esse sistema, quando bem dimensionado e com adequada conservação, projetado para atender períodos de retorno com vazões entre 2 a 10 anos pode suprir além.

Já o sistema de macrodrenagem gera o encerramento do escoamento das águas vindas do sistema de microdrenagem e das águas superficiais. Sua composição se dá através do sistema de microdrenagem, seguido de galerias de porte grande, e de canais e rios canalizados. A macrodrenagem abrange o escoamento de grandes vazões e velocidades elevadas de escoamento.

### **3.2. Impactos do Sistema de Drenagem**

#### **3.2.1. Inundações**

De acordo com Licco e Mac Dowell (2015, p. 163), o transbordo de um curso d'água, o qual atinge uma planície de inundação ou área de várzea, é definida como inundação.

Para Tucci (2007, p. 18):

[...] estrangulamento da seção do rio devido a aterros e pilares de pontes, estradas, aterros para aproveitamento da área, assoreamento do leito do rio

e lixo; - remanso devido a macrodrenagem, rio principal, lago, reservatório ou oceano; - erros de execução e projeto de drenagem de rodovias e avenidas, entre outros. Normalmente, esses problemas disseminam-se nas áreas urbanas, à medida que existe pouco controle sobre as diferentes entidades que atuam na infraestrutura urbana. Adutoras, pontes ou rodovias são, frequentemente, projetadas sem se considerar seu impacto sobre a drenagem.

### 3.2.2. Alagamentos

De acordo com Licco e Mac Dowell (2015, p. 163), alagamentos ocorrem devido à ineficiência do sistema de drenagem superficial, onde há o acúmulo do volume d'água momentâneo em determinadas áreas, podendo ou não ter grande velocidade no escoamento superficial.

**FIGURA 2:** Ausência de estruturas de condução e armazenamento de água.



Fonte: Codasp - Regional Noroeste. (s.d., p. 5)

### 3.2.3. Erosão de Solo

A erosão do solo ocorre através de um processo físico onde o mesmo se degrada, transporta e depõe por meio da água ou por meio do vento. Compreendendo essas fases em:

- Degradação, onde devido à energia cinética presente nas gotas de chuva e mediante ao escoamento superficial, ocorre a

degradação das partículas de solo da sua massa, conhecida por erosividade;

- Transporte, onde ocorre a movimentação das partículas de solo soltas sobre sua superfície;
- Deposição, que consiste na estagnação do solo.

A erosão hídrica acontece em áreas onde existem altos índices pluviométricos, com solo revolvido e sem vegetação como camada de cobertura, se intensificando em áreas onde a topografia apresenta declives acidentados e de grande extensão. Sendo subdividida em erosividade e erodibilidade.

Onde:

Erosividade é a erosão causada pela habilidade potencial da chuva. Dependendo da energia dessa chuva, ou seja, depende do tamanho e massa das gotas, podendo chegar ao máximo diâmetro de 5mm.

Erodibilidade é a sua vulnerabilidade ou suscetibilidade do solo à erosão, determinada por sua resistência à erosão.

Salientam que erodibilidade não é sinônimo de erosão, devendo ser analisados de forma diferenciada e, [...] enquanto a erosão depende de fatores como a declividade, características das chuvas, cobertura vegetal, entre outras, a erodibilidade é um fator intrínseco de cada solo. (LIMA et al., 1992 apud GRIEBELER, 2002, p. 26)

“A tensão crítica de cisalhamento dos solos pode ser entendida como a máxima tensão que pode ser aplicada ao solo sem que haja desagregação de suas partículas.” (GRIEBELER, 2002, p. 27)

O dimensionamento do sistema de drenagem pluvial, geralmente é feito somente para o escoamento das águas das chuvas, entretanto, não é o que tem ocorrido.

[...] os sistemas de drenagem são dimensionados para transportar água de chuva, mas o que se observa, efetivamente, é uma grande mistura da água de chuva, de esgotos, sedimentos e resíduos sólidos (alguns de grandes dimensões como móveis), cujo resultado é a obstrução ou o aumento da rugosidade das redes. [...]. (SOUZA, et al., 2013, p. 165)

O fator vento incide, em sua predominância, em regiões áridas e semiáridas e onde as áreas sejam planas e descobertas.

“A drenagem superficial visa conduzir adequadamente as águas que correm superficialmente na plataforma para fora do leito da estrada, evitando processos erosivos e danos na estrada.” (SANTOS e MORANO, s.d., p. 10)

O processo erosivo pode ocorrer de forma lenta ou rápida, caracterizando a forma lenta como a erosão geológica ou natural, e a forma rápida como a erosão acelerada ou antrópica.

Para Zoccal (2007, p. 24), além dos fatores naturais, chamados de forças ativas, os outros fatores que afetam e levam à formação de erosão do solo ocorrem em decorrência do trabalho com o solo como:

Falta de conservação de solo nas cabeceiras das propriedades; Preparo inadequado do terreno nas épocas de plantio; Desconhecimentos das técnicas de conservação do solo; Ausência de reconhecimento das áreas antes do início dos trabalhos; Inadequado dimensionamento das obras a serem executadas; Desconsideração dos tipos de solo para as recomendações do controle de erosão; Construção de terraços com espaçamento grande e às vezes com equipamentos impróprios; Desconsideração das áreas de contribuição para o dimensionamento das obras a serem executadas; Divisão de pastagens mal planejada pelos proprietários; Época de realização dos serviços nem sempre é a mais indicada para a execução; Por vezes, no dimensionamento da obra, desconsidera-se a topografia; Obras não concluídas ou realizadas em desacordo com a recomendação técnica em razão da descapitalização dos proprietários; Falta de conhecimento da capacidade de uso do solo; Construção de terraço em desnível sem conhecimento do tipo de solo; Estradas rurais vicinais de terra e asfaltadas são caminhos para erosões se não forem construídas com critério.

Na TABELA 1 a seguir são demonstrados valores recomendados para velocidades médias inferiores e velocidades médias superiores em função de diferentes condições do fluido que escoar e do tipo de material dos canais.

**TABELA 1:** Limites para as velocidades médias de escoamento.

Condição do fluido	Velocidade média inferior ( $m s^{-1}$ )
Água com partículas finas em suspensão	0,30
Água com areias finas em suspensão	0,45
Águas de esgoto	0,60
Águas pluviais	0,75
Material de constituição do canal	Velocidade média superior ( $m s^{-1}$ )
Canais arenosos	0,30
Canais com saibro	0,40
Canais com seixos	0,80
Canais com materiais aglomerados resistentes	2,00
Canais de alvenaria	2,50
Canais em rocha compacta	4,00
Canais em concreto	4,50

Fonte: Azevedo Neto et al. (1998, apud Griebeler 2002, p. 33)

Para Lencastre e Franco (1992 apud Griebeler 2002, p. 33), deve-se utilizar a velocidade no fundo do canal e não a velocidade média do escoamento.

[...] dependendo da profundidade de escoamento, a velocidade junto ao fundo do canal será maior no escoamento de maior lâmina, mesmo que a velocidade média seja a mesma e apresentam valores de velocidade máxima não erosiva para condições de solos coesivos e não coesivos. Apresentam também fatores de correção para diferentes condições de altura de lâmina d'água e sinuosidade do canal. (GRIEBELER, 2002, p. 33)

Como segue representado na TABELA 2, logo abaixo.

**TABELA 2:** Velocidades máximas não erosivas  $v_c$  (m s<sup>-1</sup>) para materiais coesivos e não coesivos (para lâmina d'água de 1 m e canais retilíneos) e fatores de correção para diferentes condições de altura de lâmina e sinuosidade do canal.

Materiais coesivos								
Material do leito	Natureza do leito *							
	Muito pouco compactado <sup>1</sup>	Pouco compactado <sup>2</sup>	Compactado <sup>3</sup>	Muito compactado <sup>4</sup>				
Argilas arenosas (% areia < 50)	0,45	0,90	1,30	1,80				
Solos ricos em argila	0,40	0,85	1,25	1,70				
Argilas	0,35	0,80	1,20	1,65				
Argilas muito finas	0,32	0,70	1,05	1,35				
* relação de vazios de 2,0 a 1,2 <sup>(1)</sup> ; de 1,2 a 0,6 <sup>(2)</sup> ; de 0,6 a 0,3 <sup>(3)</sup> e de 0,3 a 0,2 <sup>(4)</sup>								
Materiais não coesivos								
Material do leito	Diâmetro (mm)			Velocidade média (m s <sup>-1</sup> )				
Lodo	0,005			0,15				
Areia fina	0,050			0,20				
Areia média	0,250			0,30				
Areia grossa	1,000			0,55				
Cascalho fino	15,000			1,20				
Cascalho médio	25,000			1,40				
Cascalho grosso	40,000			1,80				
Cascalho grosso	75,000			2,40				
Cascalho grosso	100,000			2,70				
Cascalho grosso	150,000			3,50				
Cascalho grosso	200,000			3,90				
Fator de correção para lâminas d'água diferentes de 1 m								
Lâmina média (m)	0,3	0,5	0,75	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Fator de correção	0,8	0,9	0,95	1,0	1,1	≅1,1	1,2	≅1,2
Fator de correção para canais sinuosos								
Grau de sinuosidade	Retilíneo	Pouco sinuoso		Moderadamente sinuoso		Muito sinuoso		
Fator de correção	1,00	0,95		0,87		0,78		

Fonte: Lencastre e Franco (1992, apud Gribeler 2002, p. 34)

A TABELA 3 refere-se aos valores de velocidades máximas proposta por GUTIERREZ para o escoamento da água em diferentes tipos de materiais nos canais de drenagem de estradas, após anos de utilização.

**TABELA 3:** Tipo de leito e velocidades máximas recomendáveis para o escoamento da água.

Material	Velocidade (m/s)
Areia fina	0,50
Argila arenosa, Argila sedimentar e sedimento aluvial	0,60
Argilafina	0,90
Pedregulho fina	1,15
Pedregulho grosso	1,20
Argila e pedregulho	1,50

Fonte: Gutierrez (1972, apud Gribeler 2002, p. 34)

Na TABELA 4 informam-se os valores da velocidade máxima não erosiva e da tensão crítica para cisalhamento descritas por CHOW.

**TABELA 4:** Velocidades máximas não erosivas ( $v_c$ ) e valores de tensão de cisalhamento ( $\tau_c$ ) associadas a diferentes tipos de materiais e coeficientes de rugosidade ( $n$ )

Tipo de material	Água limpa		Água transportando siltes coloidais		
	$n$ ( $s\ m^{-1/3}$ )	$v_c$ ( $m\ s^{-1}$ )	$\tau_c$ (Pa)	$v_c$ ( $m\ s^{-1}$ )	$\tau_c$ (Pa)
Areia fina coloidal	0,020	0,46	1,29	0,76	3,59
Areia argilosa, não coloidal	0,020	0,53	1,77	0,76	3,59
Silte argiloso, não coloidal	0,020	0,61	2,30	0,91	5,27
Siltes aluviais, não coloidal	0,020	0,61	2,30	1,07	7,18
Cinza vulcânica	0,020	0,76	3,59	1,07	7,18
Argila dura, muito coloidal	0,025	1,14	12,45	1,52	22,02
Siltes aluviais, coloidal	0,025	1,14	12,45	1,52	22,02
Xistos e pans endurecidos	0,025	1,83	32,08	1,83	32,08
Pedregulho fino	0,020	0,76	3,59	1,52	15,32
Argila graduada até cascalho, não coloidal	0,030	1,14	18,19	1,52	31,60
Siltes graduados até cascalho, coloidal	0,030	1,22	20,59	1,68	38,30
Pedregulho grosseiro	0,025	1,22	14,36	1,83	32,08
Cascalhos	0,035	1,52	43,57	1,68	52,67

Fonte: Chow (1959, apud Gribeler 2002, p. 35)

Existem alguns modelos matemáticos e softwares específicos que viabilizam o dimensionamento do volume de água precipitado e escoado, o volume de partículas carregadas no escoamento, a erosividade e erodibilidade no solo, a perda de solo tolerável pelo canal de drenagem, entre outros. Porém esses modelos não serão aprofundados neste trabalho por se tratarem de um estudo mais específico e fugirem à proposta do tema.

Na figura 3, consegue-se observar claramente o processo erosivo do solo ocorrido em uma estrada.



**FIGURA 3:** Erosão no leito da estrada.



Fonte: Codasp - Regional Noroeste. (s.d.,p.6)

### 3.2.3.1. Tipos de Solos

Há uma grande diversidade de tipos de solo encontrada em nossa superfície terrestre, onde apresentam características diferentes entre si, como coloração, densidade, consistência, formato e formação química. Para recuperar e manter uma estrada rural, o solo utilizado poderá ser obtido em jazidas próximas ou o solo do próprio trecho.

Os tipos de solo mais utilizados são:

- Argila;
- Saibro;
- Areia;
- Cascalho;
- Pedregulho;
- Piçarra.

Todos encontrados em diferentes granulometrias.

**Argila:** apresenta granulometria muito fina, encontrada nas cores vermelha, marrom ou amarela, podendo ser reconhecida por sua moldagem com as mãos mediante a sua umidade. Adquire característica de massa plástica quando

úmida, permitindo a modelagem, e quando em estado seco, apresenta resistência elevada, impedindo a sua modelagem através das mãos.

Para Santos et al. (1988 apud Santos e Morano, s.d., p. 8):

Alertam para as argilas pretas ou cinzas, encontradas nas várzeas dos rios e em camadas pouco espessas na superfície do terreno, que não devem ser utilizadas nos serviços de estradas, assim como as argilas saprolíticas, identificadas geralmente por cores variegadas. Importante também não confundir a argila com o silte. Enquanto a argila é um material fundamental para as estradas rurais por suas características ligantes, o silte (parecido, pois seus grãos também são muito finos), apresenta péssimas características, ocasionando problemas como a baixa capacidade de suporte, formação de atoleiros, excesso de poeira, dentre outros.

O silte consegue se diferenciar da argila devido a sua dificuldade de moldagem quando úmido, e quando no estado seco oferece pouca resistência à pressão dos dedos.

**Areia:** material granular com diâmetro variando de 0,05 mm a 4,8 mm dos grânulos, possuindo cores claras, sendo suas partículas visíveis a olho nu. Sem a presença da água seus grãos ficam desagregados, soltos.

“Os solos arenosos são encontrados principalmente em várzeas, leitos de rios e em camadas na superfície dos terrenos, sendo esta última mais avermelhada ou amarelada, de ocorrência mais comum em regiões de relevo suave, como por exemplo, a região oeste do Estado de São Paulo.” (SANTOS E MORANO, s.d., p. 8)

De acordo com Baesso e Gonçalves (2003 apud Santos e Morano, s.d., p 8):

**“Saibro:** é o produto resultante da decomposição incompleta de rochas graníticas, formando uma mistura de material fino e grosseiro, composto geralmente por areia e silte.”

Santos et al. (1988 apud Santos e Morano, s.d., p. 9), definem cascalhos e pedregulhos como:

Materiais geralmente muito resistentes, de granulometria variada e com formas arredondadas, encontrados principalmente em cascalheiras nos leitos dos rios (cascalho de rio) ou terraços aluvionares e linhas de seixos, próximas ou na superfície do terreno (cascalhos de cava). Este último possui porcentagens variáveis de argila e/ou areia. Como as espessuras das linhas de seixo são geralmente pequenas, para se obter um volume satisfatório há necessidade de se explorar grandes áreas de terreno, o que nem sempre é viável ou recomendável.

**Piçarras:** Material granular formado geralmente por fragmentos de rocha alterada ou fraturada, com resistência muito variável dependendo do tipo de rocha, grau de alteração e intensidade do fraturamento. Em algumas regiões as jazidas de rocha alterada são chamadas de cascalheiras.” (SANTOS E MORANO, s.d., p. 9)

#### **3.2.4. Contaminação de Aquíferos**

Há muito observamos a poluição ocorrer no planeta. De modo geral, qualquer forma de poluição acaba por acometer nossos recursos hídricos. Seja ela devido a fumaça dos autos, que retorna como poluentes nas águas das chuvas; lixo de forma geral, escoados para os rios; esgotos não tratados, dentre outros.

“Os aquíferos urbanos são contaminados, principalmente, pelos aterros sanitários e pela infiltração indiscriminada de águas pluviais contaminadas pelo transporte de lixo, sedimentos e lavagem de ruas.” (TUCCI, 2007, p. 25)

#### **3.2.5. Assoreamento de Rios**

No que se refere à conservação e implantação de estradas de terra, as questões ambientais são de importância fundamental, pois modifica-se toda a característica natural do terreno. Essas estradas, além de alterarem o percurso natural do escoamento superficial, altera a capacidade de percolação da água no solo, funcionando como um canal escoador, concentrando águas provenientes de áreas em seu entorno.

Para Chaves et al. (2004 apud Maciel, 2010, p. 28), como medida para controle de erosão e assoreamento, a Agência Nacional de Águas – ANA, incentiva os produtores rurais a executarem boas práticas para a conservação do solo e da água. O intuito desse incentivo é melhorar a qualidade da água, além de aumentar vazões médias de rios e de bacias hidrográficas.

De todos os poluentes, o mais significativo é o sedimento, devido aos impactos causados na água, os efeitos causados no transporte de outros poluentes e sua concentração na água. As bacias de captação de água, em sua maioria, de consumo, encontram-se em áreas rurais sofrendo a influencia do excesso de sedimentos advindos no sistema fluvial. Em se tratando de abastecimento de água por mananciais, o processo de tratamento, tempo e custo aumentam consideravelmente nos casos de excesso de turbidez.

A construção e planejamento inadequados de estradas não pavimentadas são as principais causas da ocorrência de processos erosivos. Isto ocorre devido à alteração do percurso natural do escoamento superficial, construção com greides acentuados e com inadequada rede de drenagem [...]. (MACHADO e SOUZA, 1990 apud MACIEL, 2010, p. 40)

Zoccal (2007 apud Maciel, 2010, p. 40) complementa que:

[...] das perdas anuais de solo no estado de São Paulo, que superam mais de 200 milhões de toneladas, 50% são causados pelas estradas vicinais de terra, e cerca de 70% deste solo chega aos mananciais pelas estradas vicinais de terra, em forma de sedimentos transportados pela água. Como consequências estão o assoreamento e a poluição dos recursos hídricos, aumentando a degradação do meio ambiente e reduzindo drasticamente a qualidade e quantidade de água.

**FIGURA 4:** Assoreamento causado pelo arraste de partículas de solo de uma estrada rural.



Fonte: Codasp - Regional Noroeste. (s.d., p. 7)

O problema de assoreamento dos rios existente na região do Pontal do Paranapanema é de extrema gravidade. Grande parte dos mananciais estão totalmente assoreados e tendo sua calha alterada a cada nova precipitação pluviométrica, sendo esta situação muito presente nesta região, devido às condições do solo, relevo, manejo, clima e ao tipo de exploração do solo.

Tais condições, aliados ao manejo inadequado do solo, tornam a região ainda mais vulnerável à existência e ocorrência de erosões, provocando o assoreamento dos mananciais e a formação de banquetas de areia,

agravando pela falta de trabalhos bem conduzidos e a inexistência da mata ciliar para proteção dos corpos d'águas. (ZOCCAL, 2007, p. 13)

**FIGURA 5:** Demonstra o nível de assoreamento na região do Pontal do Paranapanema.



Fonte: Soluções cadernos de estudos em conservação do solo e água.- CODASP. (2007, p. 13)

De acordo com Luce e Black (1999 apud Griebeler, 2002, p. 22):

A manutenção dos canais de drenagem remove a vegetação que retêm os sedimentos, aumentando, com esta prática, a perda de sedimentos facilmente transportáveis. Estes autores encontraram que, em segmentos de estradas nos quais a vegetação foi removida dos canais de drenagem e dos cortes da encosta, foram produzidas sete vezes mais sedimentos do que em locais nos quais a vegetação foi mantida.

Desta forma, é importante a revegetação após a construção da estrada, e enfatizarmos o impacto negativo gerado durante a limpeza dos canais de drenagem. A recolocação da camada vegetal pode gerar outro problema, o assoreamento do canal pelo acúmulo de sedimentos e pelo coeficiente de rugosidade do canal aumentado, favorecendo o aumento da lâmina d'água através do escoamento lento.

#### **4. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS ESSENCIAIS PARA UMA ESTRADA DE TERRA**

Para uma estrada não pavimentada as características essenciais são boa drenagem superficial, permitindo o escoamento adequado das águas pluviais para fora do leito carroçável, além de boa capacidade de suporte, condições de rolamento e aderência. Essas características fundamentais garantem o tráfego em condições satisfatórias.

“Faz-se a drenagem superficial de uma estrada rural através de um conjunto de dispositivos, como o abaulamento da pista de rolamento, sarjetas, lombadas, segmentos de terraços e bacias de captação.” (SANTOS E MORANO, s.d., p. 10)

A boa capacidade de suporte é determinada pela baixa capacidade de deformação, onde os materiais que compõem a plataforma tem resistência para manterem-se coesos e firmes perante do tráfego na estrada.

“Sendo indispensável à utilização de solo adequado ou de materiais granulares, junto a uma compactação eficiente, para resolver os problemas relacionados à capacidade de suporte.” (SANTOS e MORANO, s.d., p. 10)

A visualização desses requisitos encontra-se exemplificado na FIGURA 7.

As estrada tem suas condições de tráfego e aderência diretamente ligadas ao conforto dos usuários e à segurança. Estradas regularizadas, sem a presença de buracos, rodeiros e ondulações são àquelas com boas condições de rolamento. Para as condições de boa aderência as estradas rurais devem ter atrito entre os pneus e a pista.

“O excesso de materiais granulares soltos sobre a pista de rolamento, ou uma estrada com solos escorregadios quando úmidos, elevam a probabilidade de perda de aderência e consequente controle do veículo, colocando os usuários da estrada em risco.” (SANTOS E MORANO, s.d., p. 10)

#### **5. RECUPERAÇÃO/MANUTENÇÃO DE ESTRADAS DE TERRA**

Neste capítulo abordaremos os principais cuidados que devem ocorrer na recuperação/manutenção de estradas de terra. As estradas vicinais, como visto, são de extrema importância ambiental, econômica e social. Se a qualidade da

estrada é ruim, isso influencia diretamente no valor de transporte e na qualidade do insumo agrícola escoado pela mesma. Frequentemente ocorre o negligenciamento da manutenção devida à essas estradas ou a realização inadequada, resultando em rápida degradação da estrada.

Para que tenhamos uma estrada conservada e em excelentes condições de tráfego, as prefeituras municipais, responsáveis pela maior parte das estradas rurais do estado, considerarão os seguintes fatores como:

- No período de estiagem, limpar as bacias de captação e os segmentos de terraços, garantindo a capacidade de armazenamento das águas pluviais por estas estruturas, e mantendo sem obstruções os canais de escoamento ou admissão; Fazer a inspeção na plataforma da estrada, verificando se as lombadas estão direcionando o volume das enxurradas para as bacias de captação e/ou terraços, e corrigindo então, repondo material, depressões que criam poças de água na pista de rolamento, quando em época chuvosa;

- Verificar a funcionalidade das estruturas de drenagem superficial presentes;

- Orientar os operadores de motoniveladora para não reduzirem a altura das lombadas e não obstruírem as saídas de água para os canais de escoamento ou admissão. O deslocamento das motoniveladoras, em serviços de raspagem, dos pontos de cotas mais baixos da estrada para os mais altos, favorece a manutenção das lombadas e do abaulamento da pista de rolamento; (SANTOS e MORANO, s.d., p. 33)

- Executar a manutenção da camada vegetal, nas faixas laterais, com uma roçadeira. Melhorando assim, as condições da drenagem superficial, e a visibilidade (oferecendo segurança aos motoristas, nos trechos onde há presença de curvas), além de melhorar o aspecto da estrada;

- Não permitir a manobra ou deslocamento de grades, ou de outros implementos agrícolas, pois os mesmos podem gerar danos à pista de rolamento ou na plataforma da estrada.

A manutenção básica de estradas rurais realizadas através de motoniveladora gera consequências graves, principalmente ao sistema de drenagem superficial, também causando danos como afundamento gradativo do leito estradal e potencializando processos erosivos.

Para manter-se a qualidade e as condições de tráfego favoráveis nas estradas já implantadas, além de prezar pela eficiência do sistema de drenagem



pluvial instalado na mesma, a fim de preservarmos os leitos de rios, impedindo que ocorra o escoamento de partículas indesejáveis contribuindo desta forma para o assoreamento destes, faz-se necessária a realização de medidas adequadas quanto a manutenção e manejo dessas vias.

Segundo Zoccal (2007, p. 31) as principais formas para se obter um resultado satisfatório, com o solo onde proporcione produção, manancial com abastecimento de água com qualidade e com ganhos ambientais expressivos, temos que ter sempre em mente o desenvolvimento de trabalhos, tais como:

Preservação e manutenção da camada vegetal às margens da estrada; Conservação/reparos de barrancos que seguem no seu entorno; Manter a integridade do leito carroçável com inclinação entre 4% a 7%; Manter a integridade das bacias de captação justapostas à essas vias; Evitar e controlar as práticas de queimadas; Evitar o desmatamento das áreas impróprias para a exploração agrossilvopastoril; Adequar as propriedades rurais quanto ao uso e ocupação do solo; Realizar corretamente divisão de pastagens, não deixando ocorrer o excessivo pisoteamento do solo pelos animais; Dividir o tamanho das pastagens, dimensionando bebedouros e cochos à exploração pecuária, evitando formação de trilhos provocados pelo caminhar do rebanho.

Somadas a estas ações, necessitamos da execução de um conjunto de medidas como:

- Locação da faixa de trabalho
- Área de Limpeza
- Adequação de taludes e leito
- Obras Complementares

Essas medidas visam o escoamento de forma correta da água pluvial, impedindo além do deslocamento de partículas, a degradação da via por acúmulo de água.

Para Baesso e Gonçalves (2003 apud Santos e Morano, s.d., p. 5), o problema se agrava devido à manutenção inadequada, realizada através do patrolamento sistemático e inadequado tecnicamente, com a utilização de motoniveladora, desta forma gerando um afundamento gradual do perfil longitudinal da estrada, impedindo o escoamento adequado das águas pluviais.

“Com o greide encaixado a estrada torna-se um canal escoadouro de água, os processos erosivos se intensificam e o problema ambiental aumenta.” (SANTOS E MORANO, s.d., p. 6)



Segundo Fontana (2007 apud Santos e Morano, s.d., p. 6), a concentração de sedimentos arrastados aumenta após a manutenção incorreta das estradas, sendo esta o principal agente de degradação ambiental.

**FIGURA 6:** Início da formação de barrancos laterais devido à manutenção incorreta com a motoniveladora.



Fonte: Codasp - Regional Noroeste. (s.d., p.7)

De acordo com Santos e Moreno (s.d. p. 11), no que se refere à locação da faixa de trabalho, temos a área ao longo da estrada de terra que sofrerá as alterações durante a execução da adequação. Seu objetivo é delimitar a faixa de trabalho, sendo a referência dos operadores de máquinas, evitando o excesso de movimentação de solo ou volumes inferiores ao necessário, e quando ocorrer a execução do retaludamento para elevar greide estradal (abatimentos de barrancos).

Para que ocorra a drenagem superficial em uma rampa com declividade, a relação de corte ideal é a de 3:1 à 5:1. Somando-se a esta faixa de corte as áreas de deposição do material de limpeza e para manobra dos equipamentos. A locação é realizada por estaqueamento ao longo de todo o trecho de trabalho.

A limpeza da faixa de corte refere-se à remoção de materiais inservíveis para a elevação do greide. Em especial toda a camada vegetal, em conjunto à camada de solo superficial que contém matéria orgânica, que é inadequado à formação de aterros.

O objetivo é fornecer material adequado à obra, sendo o mesmo advindo das faixas laterais da estrada ou de áreas de empréstimo, em conjunto com a reservação da camada orgânica para devolução futura sobre as áreas de solos expostas, restabelecendo a vegetação nas áreas terraplenadas, de forma mais rápida.

A camada vegetal será removida até a profundidade de 0,20m e depositada além do limite da faixa de limpeza. Ao término da terraplenagem, será devolvida como material de cobertura na faixa de corte.

Em caso de áreas de empréstimo (jazidas), distantes do corpo estradal, a raspagem superficial também deverá acumular material para o posterior recobrimento do terreno. Após os trabalhos de recuperação, providenciar a vegetação e a manutenção dos taludes, canais, terraços e bacias de captação caso a devolução do material de limpeza não seja suficiente para promover a revegetação da área explorada. (SANTO e MORANO, s.d., p. 12)

### **5.1. Adequação de Taludes e Leito**

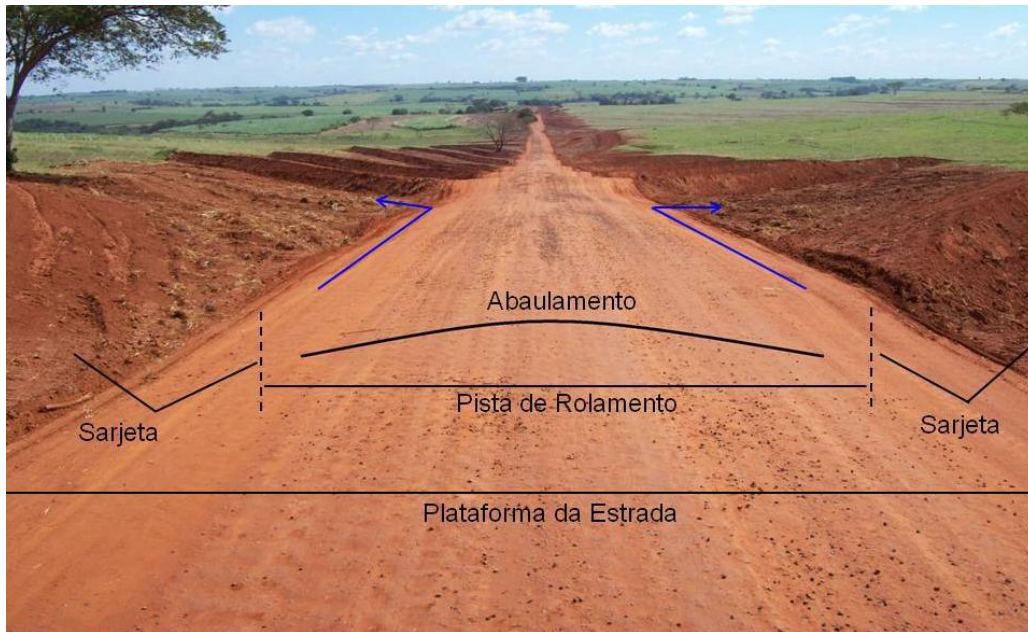
Refere-se às operações conjuntas adotadas à taludes, especialmente os de leitos das estradas e os barrancos, levando em consideração as características técnicas e construtivas desejáveis.

Tendo-se como objetivo, melhorar as características construtivas com a deposição de solo com qualidade melhor ao leito da estrada, tornando viável tecnicamente a drenagem pluvial e conseqüentemente o parcelamento de lançantes é possibilitado, além da adequação das dimensões das plataformas, tornando o trânsito segura. O retaludamento ou quebra de barranco, já com a faixa de corte estabelecida e demarcada previamente, se inicia após a limpeza dos materiais indesejáveis à construção do leito e da estrada. Chamada de bota - dentro, esta operação eleva o leito da estrada ao mesmo tempo em que assegura uma nova conformidade aos taludes, através do fornecimento de material.

Em simultâneo à quebra de barrancos, inicia-se a colocação do solo no local que se formará a nova plataforma da estrada. Tendo suas camadas menos espessas, de forma que facilite os processos de acomodação/compactação do material, para que não haja o comprometimento da capacidade de suporte ao greide, gerando sua deformação.

Quando houver terrenos com inclinação transversal em relação ao eixo da estrada, necessitando da quebra de barrancos nas duas laterais, inicia-se pelo lado mais alto e se necessário, complementar com o lado mais baixo.

**FIGURA 7:** Esquema apontando os elementos da seção transversal de uma estrada rural.



Fonte: Codasp - Regional Noroeste. (s.d., p. 13)

Para adequação das obras a serem realizadas, a plataforma da estrada será composta pela pista de rolamento somada ao espaço ocupado pelas sarjetas. A finalidade de regularização da plataforma tem o objetivo de definir as conformações da pista de rolamento como seu devido abaulamento transversal, promovendo as correções na parte de inclinação das rampas, taludes e, o estabelecimento das cotas dos canais de drenagem laterais paralelos ao eixo da estrada.

Abaulamento é o nome dado à forma convexa que se dá a secção transversal da estrada para que a água da chuva não permaneça sobre ela, devendo promover a rápida remoção dessas águas, não permitindo que a água permaneça por muito tempo na superfície. (GRIEBELER, 2002, p. 16)

Para a inclinação do abaulamento, devemos utilizar a declividade da rampa como fator determinante, sendo expressa pela tabela abaixo (Tabela 5). Devendo-se levar em consideração o conforto dos usuários, impedindo que o abaulamento excessivo os forcem a trafegar no centro da pista.

A TABELA 5 refere-se aos valores de declividade a serem utilizados para um abaulamento eficiente nas estradas de terra.

**TABELA 5:** Máximo e mínimo em função da declividade da rampa.

Declividade da Rampa	Abaulamento Mínimo	Abaulamento Máximo
0 - 5%	3%	10%
5 - 10%	3%	8%
10 - 15%	3%	6%
15 - 20%	3%	4%

Fonte: Codasp - Regional Noroeste. (s.d., p. 14)

Através da topografia, consegue-se a imediata regularização da estrada quando há a detecção de trechos fora do padrão.

A compactação do solo nas estradas não pavimentadas, têm a finalidade de promover a sua impermeabilização e/ou estabilização. Sendo esta operação empregada quando houver deposição de materiais, desta forma, tornando mínimos os processos erosivos e os desgastes da pista durante o trabalho de adequação das estradas.

## **5.2. Obras Complementares**

### **5.2.1. Tubulação de fluxo transversal**

Elementos de drenagem que permitem a transposição da água de um lado para outro da pista ou dá livre passagem aos escoamentos naturais temporários como enxurradas, ou permanentes como córregos. Tubos de concreto são utilizados, como via de regra, de preferência o armado, seguindo as especificações do fabricante, observando que o seu topo deverá estar à mínima profundidade igual a uma vez e meia seu diâmetro ou altura.

Em estradas rurais, os bueiros devem ter dimensões de no mínimo 40 cm de diâmetro. Inicia-se com o assentamento a jusante, com a bolsa do tubo no sentido oposto ao fluxo. Adota-se declividades entre 0,5 e 5% para a melhora da capacidade de suporte do fundo (em especial quando estiver alagado), como também em vias com tráfego pesado, utilizado um lastro em brita ou um berço em concreto (FIGURA 8A). O rejuntamento deve ser iniciado logo após a instalação do tubo (FIGURA 8B).



**FIGURA 8:** Exemplo de berço de concreto e rejuntamento.



Fonte: Codasp - Regional Noroeste. (s.d., p. 21)

O solo deve ser de boa qualidade para a realização do reaterro, sem impurezas e/ou vegetação. Para evitar a entrada de terra na tubulação, a mesma deverá ser rejuntada e a compactação poderá ser realizada através de um sapo mecânico.

De acordo com Santo e Morano (s.d., p. 21), a função das caixas e alas são a de manter as extremidades da tubulação, evitando solapamento, bem como o direcionamento do fluxo d'água. Sendo construídas de alvenaria, como bloco cerâmico ou de concreto, ou pré-moldados (FIGURA 9).

**FIGURA 9:** Alvenaria em blocos cerâmicos de concreto e pré-moldados.



Fonte: Codasp - Regional Noroeste. (s.d., p. 22)

Estas estruturas devem receber reboco somente em areia e cimento, evitando o uso de cal, e de areia da estrada, pois podem causar o fissuramento excessivo. Sarrafejar e desempenar.

Alternativa aos tubos de fluxo transversal, onde os recursos sejam limitantes, assim como o volume de água possa permitir, utilizam-se estruturas chamadas de passagem molhada. Construídos em rachão, permitem a transposição de um lado ao outro da plataforma das águas superficiais, favorecendo as condições de deságue.

### **5.2.2. Drenagem Profunda**

Também conhecida como drenagem subterrânea, são estruturas drenantes instaladas/utilizadas em áreas subsuperficiais da estrada, podendo ser no subleito e/ou as margens da estrada, para o rebaixo do lençol freático. Aplicada no afloramento do lençol freático na plataforma ou em suas laterais. Utilizada também, quando ocorre umidade no subleito da estrada, prejudicando a sua capacidade de suporte.

Constituída de valas ou camadas, sendo preenchidas por um ou vários materiais, de permeabilidade superior a do material trabalhado, com função de captar as águas infiltrantes no pavimento e conduzi-las para fora da pista de rolamento.

Pode-se utilizar materiais como o cananete (tubo corrugado e perfurado), manta geotêxtil e a trincheira drenante. A instalação de feixes de bambu é um exemplo de soluções menos custosas (Figura 10).

**FIGURA 10:** Instalação de drenagem profunda com feixes de bambu.



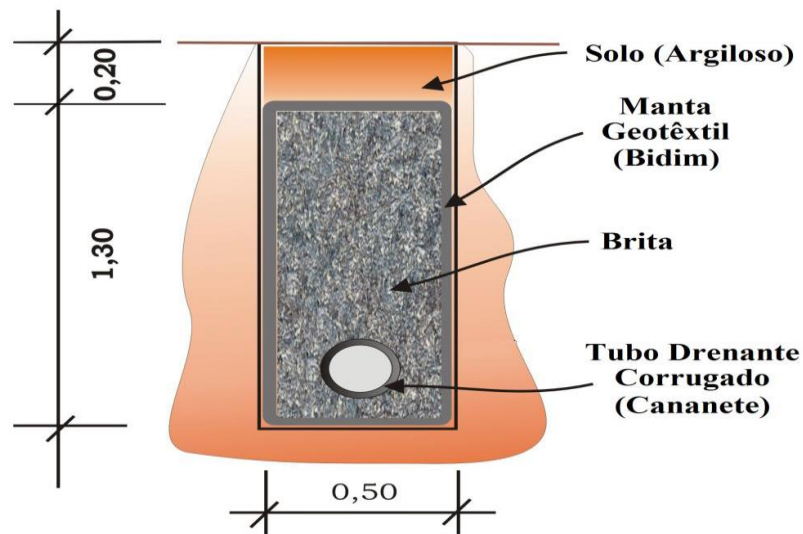
Fonte: Codasp - Regional Noroeste. (s.d., p. 23)

**FIGURA 11:** Abertura de vala e instalação de drenagem profunda.



Fonte: Codasp - Regional Noroeste. (s.d., p. 24)

**FIGURA 12:** Esquema de construção de dreno profundo com brita, tubo drenante e manta geotêxtil.



Fonte: Adaptado de Baesso e Gonçalves, (2003 apud Codasp - Regional Noroeste, s.d., p. 24)

Para a instalação, a escavação deve ocorrer da jusante a montante, permitindo o escoamento da água, sem confiná-la.

### 5.2.3. Aterros

Para a elevação do greide estradal, como já visto, na maioria das vezes, os materiais são obtidos nas laterais da própria estrada. Entretanto, quando este é muito arenoso ou brejoso, geralmente em baixadas, faz-se necessário a importação de uma jazida próxima.

A fase de maior cuidado na construção, é a fase de aterro, onde devem ser tomados maiores cuidados para o emprego correto dos procedimentos, a má execução destes geram consequências negativas. Quando há possibilidade de chuva, preferivelmente, não se deve iniciar os trabalhos. Espalha-se em sucessivas camadas o material, em toda a seção transversal, com a compactação posteriormente, executada em camadas de 0,20 a 0,30m, com umidade adequada, obrigatoriamente.

### 5.2.4. Canaletas

Quando há impedimentos para a quebra de barranco, limitando a drenagem superficial, surge como alternativa a condução da água através de canaletas. Valetas laterais pequenas, executadas ao longo das laterais da pista de



rolamento com o objetivo de captar e conduzir as águas superficiais da pista, sendo conduzida para um talvegue artificial ou natural, tubulação de fluxo transversal, bacia de captação ou segmento de terraço. São revestidas para que a água, em volume e velocidade, não acarrete em processos erosivos.

O revestimento pode ser de camada vegetal (canaleta gramada), em alvenaria (canaleta concretada) e ainda com rachão (canaletas com pedras arrumadas).

**FIGURA 13:** Execução de canaletas de concreto em estrada rural.



Fonte: Codasp - Regional Noroeste. (s.d., p. 26)

**FIGURA 14:** Execução de canaletas vegetadas em estrada rural.



Fonte: Codasp - Regional Noroeste. (s.d., p.26)

### **5.3. Revestimento Primário**

Refere-se a um tratamento superficial, onde uma determinada mistura homogeneizada, vai diretamente sobre o subleito e/ou sobre o reforço executado, com a função de regularizar a superfície de rolamento, melhorando as condições de tráfego nas estradas de terra.

A espessura da camada depende do volume de tráfego e do tipo de tráfego, bem como das condições de suporte do subleito, geralmente variando entre 0,10 a 0,20m.

#### **5.3.1. Etapas de Execução do Revestimento Primário**

##### **5.3.1.1. Preparo da Sub-base**

Considerando a recuperação da estrada, já houve uma compactação e a estrada tem o subleito preparado, obedecendo todas as condições para rolamento da mesma. Caso haja a intenção de revestir uma estrada que não passou pelo processo de recuperação, abre-se caixa com a finalidade de compactar a sub-base, conformando a plataforma e garantindo que tenha a drenagem superficial, caso contrário todo o trabalho serão perdidos.

##### **5.3.1.2. Lançamento e Homogeneização**

Inicia-se com a deposição do material para revestimento, no centro da pista, espaçado de forma que se obtenha a espessura final desejada. Para essa operação, na tampa traseira de um caminhão basculante utiliza-se uma corrente. Na sequência, espalha-se o material na pista com o auxílio de uma motoniveladora. A grade de discos efetua a mistura para compor o solo-brita. Utiliza-se previamente o escarificador da motoniveladora com a finalidade de facilitar a operação. Na sequência, reconforma-se a plataforma.

**FIGURA 15:** Lançamento do material granular (A), Escarificação (B), Incorporação (C), Mistura solo-brita homogênea.



Fonte: Codasp - Regional Noroeste. (s.d., p. 28)

### 5.3.1.3. Compactação

O material a ser compactado deve ser umedecimento através de caminhão irrigadeira (pipa). Quando houver excesso de umidade, será necessário aerar o material, revirando o solo com o auxílio de arados ou grades de discos, permitindo a evaporação rápida por meio da ação solar e do vento.

Para a verificação do teor de umidade ótima do solo para a compactação, faz-se primeiramente um controle visual, realizando o chamado teste expedito (o solo não deve estar seco e nem encharcado). Através de um punhado do material realiza-se uma leve pressão com os dedos. Se mediante a pressão dos dedos na mistura a mesma ficar com a marca dos dedos, o teor de umidade apresenta satisfatório ao uso. Ao abrir da mão a mistura tende a se desmanchar, como se estivesse esfarelando, a mesma está seca, e muito úmida quando lamacenta.



**FIGURA 16:** Teste expedito para verificação da umidade adequada de compactação.



Fonte: Codasp - Regional Noroeste. (s.d., p. 29)

A compactação deve ser das bordas ao eixo da estrada. Quando nas curvas, inicia-se da borda interna para a externa.

Para Baesso e Gonçalves (2003 apud Santo e Morano, s.d., p. 29), o equipamento compactador deve executar tantas passadas quanto forem necessárias, sendo o trabalho executado por faixa de rolamento. Onde o rolo compactador deverá sobrepor metade da passada anterior, a cada passada realizada.

#### **5.3.1.4. Acabamento**

O acabamento deve ser executado com motoniveladora, exclusivamente em operação de corte (lixamento). Posteriormente a plataforma deve ser “selada” em toda sua extensão transversal, com o auxílio de um rolo compactador liso, podendo tal operação ser também realizada com um caminhão (basculante ou irrigadeira), através de repetidas passadas no trecho, alternando suas passadas, até que se cubra toda a extensão transversal da plataforma.

#### **5.3.1.5. Agulhamento**

Refere-se ao tratamento primário na qual ocorre, por compactação, a cravação, de material de grande granulometria diretamente no subleito (caso seja argiloso) ou em cima de uma camada argilosa depositada sobre o mesmo. Objetivando uma melhoria no rolamento e aderência nas estradas rurais, sendo esse tipo de revestimento uma solução menos onerosa e para estradas onde há baixo volume de tráfego e de porte pequeno.

Esse tratamento, em termos de durabilidade e desempenho, é inferior ao revestimento primário, o qual incorpora quantidades pequenas de granulares com o intuito de formar uma camada fina que apresenta condições de suporte superiores ao subleito. Para o agulhamento, utilizam-se granulares como os pedregulhos limpos, cascalhos e piçarras mais resistentes e com dimensão acima de 2,5 cm.

Necessita-se da regularização da plataforma estradal, para que se execute o agulhamento, manter o abaulamento da mesma, e posteriormente a escarificação do subleito. Na sequência ocorre o lançamento e o espalhamento do material granular, e a mistura dos materiais. O umedecimento se faz necessário para a compactação posterior (ou a secagem quando necessária).

#### **5.4. Lombadas**

Estruturas utilizadas para o reforço do sistema de drenagem superficial, sendo perpendiculares ao eixo da estrada. Tem a função de conduzir as águas pluviais para as estruturas de armazenamento e infiltração. Assim como auxiliam na redução da velocidade de trânsito, e integrando a estrada ao sistema conservatório das áreas agrícolas lindeiras.

Para Santo e Morano (s.d., p. 15), a construção das lombadas se realiza da seguinte forma:

Fazer a locação com o auxílio do nível de precisão, estaqueando as laterais da estrada, indicando assim a posição da lombada. Deve-se também locar 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 0,10 e 0,30m (compactada) acima do cotado pé do talude de montante no eixo da pista. Quanto ao comprimento, deve-se saber que a jusante deve possuir o dobro do comprimento da montante.

**FIGURA 17:** Construção de lombada.



Fonte: Codasp - Regional Noroeste. (s.d., p. 16)

A construção referencia-se o corte através do pré-estabelecido do estaqueamento na locação. Utiliza-se o material da própria área, iniciando o corte pelas bordas laterais da estrada, levando o material até o local da lombada, esparrama-se e compacta-se em camadas com no máximo 0,30m. A construção também pode ocorrer com material importado de jazida.

### **5.5. Segmentos de Terraço**

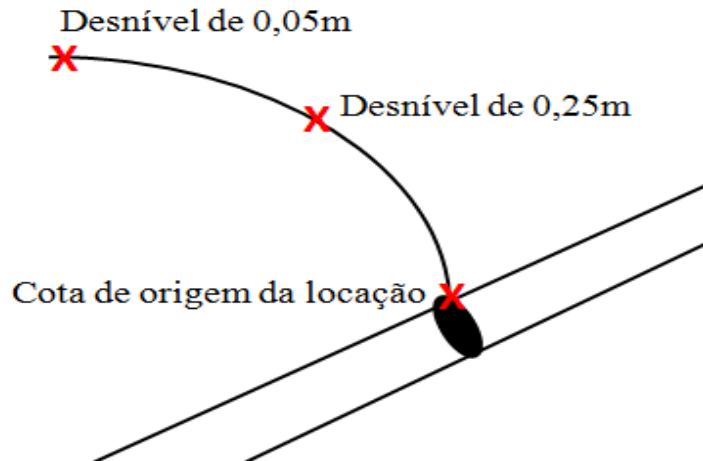
Conhecida como “bigodes” essas estruturas tem a função de armazenar e infiltrar as águas pluviais drenadas superficialmente da pista de rolamento. Por apresentarem uma área de contato maior com a água armazenada com o solo, se tornam estruturas de maior capacidade de infiltração quando comparadas às bacias de captação (capítulo 5.6).

De acordo com Santos e Morano (s.d., p. 17), assim que regularizada a plataforma da pista, realiza-se a locação, e através dela, se for necessário, nos canais laterais de drenagem, fazer a locação das cotas dos terraços com desnível máximo de até 0,25m, tendo como partida a extremidade de cada lombada (FIGURA 18).

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. Em solo pouco permeável deve-se abrir os segmentos de terraços, com a última

estaca 0,05m mais baixo em relação à cota da estaca que originou a locação. (SANTOS e MORANO, s.d., p. 17)

**FIGURA 18:** Locação de segmentos de terraços (“bigodes”).



Fonte: Santos e Morano (s.d., p. 23)

Quando já houver a presença de terraços em propriedades rurais, consideram-se os terraços presentes, desta forma trazendo a cota deles até as margens da estrada e pra se integrar o sistema de conservação das áreas lindeiras agrícolas à estrada de terra, constroem-se lombadas nestes pontos.

A execução dos terraços, tendo como referencia para o corte o estaqueamento pré-estabelecido, é feita a partir do uso de tratores de esteira com lâmina frontal, escavadeira hidráulica, pá carregadeira e/ou motoniveladoras.

No caso dos tratores de esteira e/ou pá carregadeira, o primeiro corte sempre é frontal, isto é, posicionamento perpendicular da máquina em relação ao alinhamento das estacas, onde se verifica uma maior movimentação de solo na formatação do terraço. Nas demais passadas, a posição de trabalho é longitudinal ao alinhamento das estacas, iniciando assim o processo de acabamento da forma do terraço, que pode ter tanto seção transversal, com formato trapezoidal, como triangular. No caso da utilização da motoniveladora, a posição de trabalho da máquina é sempre longitudinal ao alinhamento das estacas, sendo que o posicionamento dos cortes no caso, é dado pela angulação da lâmina. (SANTO e MORANO, s.d., p. 18).

## 5.6. Bacia de Captação

Estruturas que armazenam as águas pluviais drenadas da superfície da pista. Permitem sua penetração no lençol freático, por meio do seu armazenamento, além de conseguir mover esse volume até o manancial que irá recebê-la, desde que

sejam construídas em série e com as cotas decrescentes até os locais de lançamento desse volume. Opção utilizada quando se faz necessária a substituição dos terraços, por razão da área disponível para sua construção ser insuficiente e também, quando houver deslocamento de volumes precipitados e as condições topográficas não favorecerem seu livre escoamento.

Com as cotas de locação da lombada, e a plataforma regularizada, inicia-se sua locação.

“Após a construção do aterro a escarificação do fundo da bacia de captação é indispensável para facilitar a infiltração do volume acumulado, principalmente nos solos mais argilosos.” (SANTOS e MORANO, s.d., p. 19)

A figura 19 apresenta a seguinte observação, segundo Santo e Morano (s.d., p. 20):

**Obs. 1:** No acabamento da bacia, respeitando o dimensionamento até agora calculado, a formatação do aterro tendendo mais para a forma circular do que semicircular, é bastante recomendável, pois aumenta a capacidade de armazenamento e é uma forma prática de podermos amenizar as rampas, diminuindo significativamente o surgimento de sulcos erosivos internos.

**FIGURA 19:** Bacia de captação.



Fonte: Codasp - Regional Noroeste. (s.d., p.20)



## 6. PRINCIPAIS PROBLEMAS ENCONTRADOS EM ESTRADAS RURAIS

Os principais problemas que afetam as condições de uso das estradas são:

- Ondulações;
- Rodeiros;
- Atoleiros;
- Areiões de espigão;
- Areiões de baixada;
- Excesso de poeira;
- Rocha aflorante;
- Costela de vaca;
- Pista derrapante;
- Pista escorregadia;
- Segregação lateral;
- Buracos;
- Erosão;
- Erosão lateral.

Para Oda (1995 apud Santos e Morano, s.d., p. 34):

Os problemas encontrados nas estradas rurais surgem devido a uma combinação de fatores, sendo alguns deles externos à via, como tráfego, chuva e atividades de manutenção inadequada e outros intrínsecos, como geometria imprópria, drenagem ineficiente e tipos de solos.

**Ondulações:** são sulcos intervalados regular ou irregularmente perpendiculares à direção do tráfego (exemplificado na FIGURA 20). Em sua maioria, ocorrem devido à baixa capacidade de suporte da pista, e pela ausência ou ineficiência de drenagem superficial.

**FIGURA 20:** Ondulações.



Fonte: Codasp - Regional Noroeste. (s.d., p. 35)

**Rodeiros:** são trilhas de rodas, caracterizada por marcas dos pneus dos veículos na superfície da estrada, como demonstra a FIGURA 21. A pista no sentido e ou direção do tráfego afunda longitudinalmente, devido às cargas repetidas aplicadas ao solo que tem baixa capacidade de suporte, se intensificando nos períodos de chuva.

**FIGURA 21:** Rodeiros.



Fonte: Codasp - Regional Noroeste. (s.d., p. 36)

**Atoleiros:** ocasionado quando a presença do lençol freático é bem superficial ao terreno, ou aflorado, causando a diminuição da capacidade de carga do solo, afundando o tráfego no local. Ocorre também por problemas de drenagem superficial, que favorecem o acúmulo da água pluvial no local, confinando-a.

Logo mais, abaixo, na FIGURA 22, podemos visualizar a definição de atoleiros.

**FIGURA 22:** Atoleiros.



Fonte: Codasp - Regional Noroeste. (s.d., p. 37)

**Areiões de espigão:** ocorre em solos arenosos, onde é mínima ou não há a ação da argila, comumente formando areiões, combinando a ação do tráfego e da chuva que lava o material. Os trechos são longos, onde o greide é sofre a influencia de uma camada solta de areia que se torna um risco para o usuário.

**Areiões de baixada:** o material sólido arrastado pelas enxurradas, tendo uma parte depositada e acumulada no leito da estrada e a outra parte é escoada à jusante, provocando o já conhecido assoreamento.

Na FIGURA 23, abaixo, conseguimos visualizar a formação de areiões de baixada.

**FIGURA 23:** Areiões de baixada.



Fonte: Codasp - Regional Noroeste. (s.d., p. 38)

**Excesso de poeira:** se dá pelo pó sobre o greide das estradas devido a perda da fina fração de partículas de sua camada de revestimento ou de base, por possuir teor em excesso presente na mistura. A poeira não é apenas um desconforto ao usuário, pois ocasiona problemas de visibilidade, aumentando as chances de acidentes.

**Rocha aflorante:** ocorre onde a camada de solo é rasa, a constante patrulagem expõem o leito ou a ação de processos erosivos, tornando a pista irregular e prejudicando ou inviabilizando o tráfego. Podemos entender melhor com a demonstração da FIGURA 24.



**FIGURA 24:** Rocha aflorante.



Fonte: Codasp - Regional Noroeste. (s.d., p. 38)

**Costela de Vaca** para Santos e Morano (s.d., p. 40) é definida como:

As corrugações, popularmente chamadas de costelas de vaca são geralmente encontradas em traçados com material granular solto sobre a superfície da pista de rolamento, que por consequência do tráfego vai se acumulando em equidistâncias devido a pequenas patinadas (giros em falso) dos pneus. Existem regiões onde o próprio vento forma as costelas, fenômeno raro no estado de São Paulo (comum na região nordeste). Podemos também observar que esse fato ocorre com frequência em traçados de baixíssima declividade, pois no caso de declividades maiores, esse material não acumula na superfície, mas sim, rola para a lateral formando o processo de segregação lateral.

A FIGURA 25 mostra a formação denominada costela de vaca.

**FIGURA 25:** Costela de vaca.



Fonte: Codasp - Regional Noroeste. (s.d., p. 40)

**Pista derrapante:** ocasionado pelo material granular solto na superfície da pista de rolamento, juntamente com a costela de vaca, que anula a aderência dos pneus, ocasionando a derrapagem do veículo, como visto na FIGURA 26.

**FIGURA 26:** Pista derrapante.



Fonte: Codasp - Regional Noroeste. (s.d., p. 41)



**Pista escorregadia:** similar à pista derrapante ocorre quando há excesso de pó sobre a pista de rolamento, somado a uma pequena umidade sujeitando os veículos a deslizarem por falta de aderência dos pneus (FIGURA 27).

**FIGURA 27:** Pista escorregadia.



Fonte: Codasp - Regional Noroeste. (s.d., p. 42)

### **Segregação lateral:**

Acúmulo de material granular solto na superfície da pista de rolamento, material esse que com o tráfego local será lançado lateralmente pelos pneus para as laterais do traçado, acumulando-se lateralmente. Ocorre mais intensamente em lançantes declivosas. (SANTOS E MORANO, s.d., p. 43)

A FIGURA 28 mostra a condição de pista com segregação lateral.

**FIGURA 28:** Segregação lateral.



Fonte: Codasp - Regional Noroeste. (s.d., p. 43)

Para Santos et al., (1988 apud Santos e Morano, s.d., p. 44), os buracos surgem pela continua eliminação de partículas sólidas do leito estradal quando ocorre a passagem de veículos sobre um local onde há um acúmulo de água.

**Erosão:** ocorrem devido à falta ou ineficiência do sistema de drenagem superficial. Pequenas ravinas surgem e depois, sob a ação de forte escoamento, as erosões aumentam, podendo alcançar o nível das águas do aquífero freático, participando do processo erosivo. Tornam-se voçorocas, quando apresentam grandes dimensões e rápida evolução.



**FIGURA 29:** Erosão de leito.



Fonte: Codasp - Regional Noroeste. (s.d., p. 45)

**Erosão lateral:** Ocorre nas margens do traçado da estrada não pavimentada, gerando arraste de matéria sólida para as áreas baixas, ou sendo desviado para áreas lindeiras.

A FIGURA 30 demonstra a diferença entre as erosões de leito e erosões laterais.

**FIGURA 30:** Erosão de lateral.



Fonte: Codasp - Regional Noroeste. (s.d., p. 46)

## 7. SOLUÇÕES

Como soluções viáveis para este estudo, a execução de estradas não pavimentadas, tratando-se da drenagem superficial, necessita-se da realização adequada e de forma correta e eficaz das lombadas, adequação de taludes e leito, terraços relacionados às bacias de captação de água pluvial, camada vegetal sobre o solo remexido, não incidindo em prejuízos aos corpos d'água. Quando necessária, faz-se a utilização de tubulações de fluxo transversal, aterros e canaletas para drenagem profunda. Evitando que ocorra a erosão do solo e permita a percolação da água no mesmo. Da mesma forma, utilizando-se de cuidados descritos acima, na recuperação dessas vias.

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. (ZOCCAL e SILVA, 2016, s.p.)

Ainda, segundo Tucci (2007, p. 25):

“O aumento de áreas permeáveis que permitam a percolação de águas não contaminadas, poderá diminuir o impacto sobre o aquífero.”

A seguir, serão descritas as soluções para todos os problemas citados no capítulo 6.

**Ondulações:** Descobrir a causa da falta de capacidade de suporte. Quando houver a presença de lençol freático próximo à superfície, rebaixar com drenagem para posteriormente iniciar o trabalho de recuperação da plataforma e pista de rolamento, revestindo com solo brita.

**Rodeiros:** Por ocorrer devido à baixa capacidade de suporte, segue-se com a mesma solução para ondulações, a drenagem seguida da reconformação da plataforma, lembrando que a ausência de aderência e escoamento superficial também contribui para o aumento do problema.

**Atoleiros:** Caso o problema esteja ocorrendo pela presença do lençol freático próximo à superfície, realiza-se a drenagem profunda para rebaixamento do mesmo. Quando a causa for por drenagem superficial falha, realizar as adequações

para a drenagem das águas pluviais de forma correta e, caso seja necessário, realizar o revestimento primário da pista.

**Areiões e Espigão:** Misturar a areia da pista com a argila, nas proporções de 30% da argila, para que haja a formação de uma camada de pista com boa qualidade, melhorando a coesão do material e conseqüentemente gerando boas condições de suporte.

“Lembram que são previstas algumas dificuldades para misturar a areia com a argila, motivo pelo qual não é esperada uma perfeita homogeneização. Este fato, porém, não implicará a perda da eficiência da solução.” (SANTOS et al. 1988 apud SANTOS e MORANO, s.d., p. 37)

**Areiões de baixada:** Contem-se a vazão do escoamento superficial à montante do dano, e realiza-se a retirada do areião e o revestimento com solo-brita.

**Excesso de poeira:** A melhor solução para esse problema é a realização de um revestimento primário selante. Ponde os solos são finos e siltosos este problema piora, pois a poeira se torna mais intensa e a capacidade de suporte do material é baixa. Para esse caso, se faz necessário o reforço do subleito além do revestimento primário.

**Rocha aflorante:** Executa-se o aterramento com solo areno-argiloso com altura mínima de 0,40m, e depois o revestimento primário de cobertura (solo-brita). Outra solução seria o fechamento das cavidades com pedra e argamassa de cimento, o que é inviável economicamente, pois depende da gravidade e extensão do trecho a ser trabalhado.

**Costela de vaca:** Como se trata de material granular solto na pista de rolamento, se for de quantidade suficiente, somar ao solo argiloso na quantidade recomendada, gerando solo-brita para revestir o trecho.

**Pista derrapante:** Necessita-se da preparação de um solo-brita para termos um material ligante. Esse solo areno-argiloso ou argiloso se possível, pode ser da própria sub-base e/ou então de área de empréstimo próxima.

**Pista escorregadia:** Solucionar a causa da umidade (lençol) e posteriormente corrigir a estrutura do solo revestindo com solo-brita. Caso seja necessário realiza-se o cravamento de material granular de diâmetro maior na sub-base.

**Segregação lateral:** Mesma solução para pista escorregadia. Porém, faz-se a verificação do diâmetro da brita para que seja adequado, e se o material

ligante tem capacidade de unir as partículas de brita solta, além da compactação estar de acordo com o resultado analisado no laboratório (proctor).

Buracos: Inicia-se a correção pela drenagem das águas da estrada com o abaulamento transversal, terraços e lombadas, proporcionando a drenagem superficial. Obturam-se os buracos isolados na sequência, utilizando preferencialmente, uma mistura solo-brita na proporção de 2:1, não utilizando a lâmina da motoniveladora para cortar a pista, com a finalidade de sumir com o buraco. Realiza-se a nova conformação da pista de rolamento e após, sua compactação.

Erosão: Implanta-se um sistema de drenagem superficial que seja eficiente, visando seguintes objetivos:

- Evitar grande volume e velocidade das águas, arrastando partículas de solo;
- Drenar o máximo de água possível da plataforma da estrada através de suas estruturas de captação e armazenamento;
- Evitar a corrida ou empoçamento das águas sobre a pista, através do abaulamento transversal.

## **8. JUSTIFICATIVA**

Através deste trabalho, podemos constatar a infinidade de danos que podem ser causados ao meio ambiente e ao homem. Onde a má utilização, erro no dimensionamento e no manejo da recuperação de estradas rurais ou falta do sistema de drenagem, e até mesmo a economia de recursos, se tornam um dos principais fatores que causam o assoreamento de rios, contaminação de leitos, enchentes, erosões de solo, dentre outros.

## **9. OBJETIVOS**

### **9.1. Objetivo geral**

O presente estudo tem como finalidade mostrar os problemas no manejo e recuperação de estradas de terra, além dos impactos negativos causados pela drenagem ineficiente ou ausente e as soluções que permitam a conservação e manejo do solo. Afirmando, que danos ao meio ambiente de forma geral e à sociedade como um todo, são causados pela má execução dos processos.

Quando recebem manutenção correta, são planejados e executados de forma correta, os possíveis danos ao meio são amenizados ou não acarretados.

## **10. METODOLOGIA**

A metodologia utilizada para a realização deste trabalho provém de levantamento bibliográfico.

## **CONCLUSÃO**

Através da presente análise realizada para esse estudo, pode-se concluir que, com a inserção das medidas acima citadas, e com a execução de todos os recursos disponíveis para a realização da manutenção, recuperação e sistema de drenagem de águas pluviais em estradas de terra, consegue-se a redução das ações de assoreamento de rios e mananciais, assim como a preservação de leitos, abastecimento e preservação dos lençóis freáticos, bem como a durabilidade, conforto e segurança aos usuários das estradas de terra aliados à conscientização da sociedade em conjunto ao município, atuando de forma que haja fiscalização, preservação e cobrança quando na manutenção e execução de estradas de terra, contribuindo assim com a integridade de nossos recursos naturais. Cabendo aos prestadores de serviço, seja ele de manutenção e ou construção das estradas de terra, a execução de forma correta e adequada de cada ação que precede e antecede o reparado e criação das mesmas, tornando-as seguras aos usuários, com excelente qualidade, conforto e elevada durabilidade, mediante a utilização dos recursos acima citados para sanar os problemas futuros quanto à manutenção e quando de sua criação.

## REFERÊNCIAS

BOZELLI, Gabriel Henrique Amaral **Ineficiência do Sistema de Drenagem de Águas Pluviais na Micro Bacia do Ribeirão Alegre, no Município de Marialva/PR**, 2018. Disponível em:

<http://rdu.unicesumar.edu.br/handle/123456789/665>. Acesso em: 22 fev. 2019

CUNHA, Livia **Memória da Eletricidade - Gerenciamento de energia no Brasil**, 2010. Disponível em:

[https://www.voltimum.com.br/sites/www.voltimum.com.br/files/memoria\\_junho\\_10.pdf](https://www.voltimum.com.br/sites/www.voltimum.com.br/files/memoria_junho_10.pdf). Acesso em: 20 abr. 2019

DEMARCHI, Luís César et al. **Adequações de Estradas Rurais**, Campinas, CATI, 2003. Disponível em:

[http://www.cati.sp.gov.br/portal/themes/unify/arquivos/produtos-e-servicos/acervo-tecnico/recursos\\_naturais/AdequacaodeEstradasRurais.pdf](http://www.cati.sp.gov.br/portal/themes/unify/arquivos/produtos-e-servicos/acervo-tecnico/recursos_naturais/AdequacaodeEstradasRurais.pdf). Acesso em: 02 mar. 2019

GALVÃO, Sandra Regina da Silva **Erosão Hídrica do Solo – Conservação do Solo** (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sertão Pernambucano), 2011. Disponível em:

<https://pt.scribd.com/document/51716065/Erosao-Hidrica>. Acesso em: 06 mar. 2019

GRIEBELER, Nori Paulo **Modelo para o Dimensionamento de Redes de Drenagem e de Bacias de Acumulação de Águas em Estradas não Pavimentadas**, 2002. Disponível em:

<https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/9436>. Acesso em: 21 out. 2019

LICCO, E. A.; MAC DOWELL, S. F. **Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística – Vol. 5 nº 3 – Dez. 2015, Edição Temática em Sustentabilidade -**

Alagamentos, Enchentes Enxurradas e Inundações: Digressões sobre seus impactos sócio econômicos e governança. Disponível em:

[http://www.sp.senac.br/blogs/revistainiciacao/wp-content/uploads/2015/12/110\\_IC\\_artigo-.pdf](http://www.sp.senac.br/blogs/revistainiciacao/wp-content/uploads/2015/12/110_IC_artigo-.pdf). Acesso em: 04 maio 2019

MACHADO, A. L. S.; PACHECO, J. B. **Revista Geonorte, Vol. 01, N. 01, Ano 01, 2010 - Serviços Ecossistêmicos e o Ciclo Hidrológico da Bacia Hidrográfica Amazônica – thebioticpump**. Disponível em:

<http://www.periodicos.ufam.edu.br/revista-geonorte/article/download/1117/1009/0>. Acesso em: 23 abr. 2019

MACIEL, Camila Belleza **Análises Geotécnicas e Hidrossedimentológicas de Estradas não Pavimentadas: Estudo de caso da fazenda Cerro Azul – Planalto do Norte Catarinense**, 2010. Disponível em:

<http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/cp151082.pdf>. Acesso em: 02 mar. 2019

- RAMOS, Carlos Lloret et al. **Diretrizes Básicas para Projetos de Drenagem Urbana no Município de São Paulo**, 1999 - Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica. Disponível em:  
[http://www.fau.usp.br/docentes/deptecnologia/r\\_toledo/3textos/07drenag/dren-sp.pdf](http://www.fau.usp.br/docentes/deptecnologia/r_toledo/3textos/07drenag/dren-sp.pdf). Acesso em: 02 mar. 2019
- SANTOS, D. H.; MORANO, J. R. **Recuperação e Manutenção de Estradas Rurais**- Companhia de Desenvolvimento Agrícola de São Paulo– CODASP, sem ano
- SILVA, Danilo Paulúcio **Modelo para Dimensionamento de Sistemas de Drenagem de Superfícies em Estradas não Pavimentadas**, Viçosa/MG, 2011. Disponível em:  
<https://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/708/texto%20completo.pdf?sequence=1>. Acesso em 26 out. 2019
- SOUZA, V. C. B.; MORAES, L. R. S. et al. **Déficit na Drenagem Urbana: Buscando o entendimento e contribuindo para a definição**, 2013. Disponível em:  
<https://portalseer.ufba.br/index.php/gesta/article/view/7213/6416>. Acesso em: 20 abr. 2019
- TUCCI, Carlos Eduardo Morelli **Inundações Urbanas**, 2007. Disponível em:  
<https://www.semrah.se.gov.br/wp-content/uploads/2017/02/drenagem1.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2019
- ZOCCAL, José Cezar **Soluções cadernos de estudos em conservação do solo e água** - Vol. 1, Nº 1 – Presidente Prudente: CODASP, 2007
- 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** – São José do Rio Preto: CODASP, 2016