



CAMINHOS SUSTENTÁVEIS: GUIA PRÁTICO PARA ADEQUAÇÃO E CONSERVAÇÃO DE ESTRADAS RURAIS

EMATER
Minas Gerais



CAMINHOS SUSTENTÁVEIS: GUIA PRÁTICO PARA ADEQUAÇÃO E CONSERVAÇÃO DE ESTRADAS RURAIS

**BELO HORIZONTE
EMATER-MG
NOVEMBRO DE 2024**

FICHA TÉCNICA

ELABORAÇÃO TÉCNICA

Gilmar Gonçalves de Oliveira

Coord. Téc. Estadual de
Sustentabilidade Ambiental

João Paulo Santana Gusmão

Extensionista Agropecuário I

Leonel Satiro de Lima

Coord. Téc. Regional de Meio
Ambiente

Thatiane Abrahão Pereira

Extensionista Agropecuária II

REVISÃO:

Gisele Flor

FOTOS:

Arquivo da EMATER Minas Gerais

PROJETO GRÁFICO E DIAGRAMAÇÃO:

Cezar Hemetrio

EMATER MINAS GERAIS

Av. Raja Gabáglia, 1626. Gutierrez -
Belo Horizonte, MG.

www.emater.mg.gov.br

COLABORADORES:

Amaury Ferreira Cardoso

Consultor técnico em manutenção de
estradas rurais

Ana Carolina da Costa Oliveira

Jovem Rural/Agricultora familiar

Série	Ciências Agrárias
Tema	Conservação de estradas rurais e sustentabilidade
Área	Engenharia rural e gestão ambiental

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO	5
2. INTRODUÇÃO.....	6
3. RELAÇÃO ESTRADAS RURAIS E DESENVOLVIMENTO LOCAL	8
4. ASPECTOS AMBIENTAIS RELACIONADOS À GESTÃO DE ESTRADAS RURAIS.....	9
4.1. Legislação ambiental diretamente aplicada aos serviços de adequação e conservação de estradas rurais	14
5. GEOTECNOLOGIAS APLICADAS À GESTÃO DE ESTRADAS RURAIS	16
6. CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES AOS SERVIÇOS DE ADEQUAÇÃO E CONSERVAÇÃO DE ESTRADAS RURAIS.....	19
6.1. Diagnóstico do trecho a ser trabalhado	19
6.2. Classificação da malha viária municipal.....	21
6.3. Dimensionamento de estradas.....	22
6.3.1. Largura da pista de rolamento	22
6.3.2. Largura dos Acostamentos.....	23
6.3.3. Inclinação Transversal e Longitudinal	23
6.3.4. Raio das Curvas.....	23
6.4. Levantamento Ambiental, Social e Comunitário	24
6.5. Plano de ação e projeto técnico de execução	25
6.6. Capacitação e treinamento dos envolvidos.....	28
7. EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS DE ADEQUAÇÃO E CONSERVAÇÃO DE ESTRADAS RURAIS.....	28
7.1. Realocação de trechos	29
7.2. Quebra de barranco	29
7.3. Suavização de talude	30
7.4. Revestimento e readequação do leito/superfície.....	30
7.4.1. Materiais para revestimento.....	30
7.5. Construção de lombadas.....	33
7.5.1. Locação e dimensão da lombada	34
7.6. Drenagem e controle de águas pluviais.....	36
7.7. Caixas dissipadoras de energia hidráulica.....	40

7.8. Terraços de escoamento (bigodes).....	40
7.9. Revestimento primário do leito	42
7.10. Agulhamento	43
7.11. Reforço de subleito	44
7.12. Sinalização viária	45
7.13. Obras complementares	46
8. PROBLEMAS MAIS COMUNS NAS ESTRADAS RURAIS.....	48
9. ESTUDO DE CASO – MUNICÍPIO DE BOA ESPERANÇA MG.....	51
9.1. Descrição do município	51
9.2. Planejamento municipal para iniciar a manutenção das estradas rurais	51
9.3. Análise de proporção das misturas para revestimento primário do solo – ARGILA: AGREGADOS.....	60
9.4. Principal intervenção e procedimentos operacionais.....	62
9.4.1. Mistura do material para o revestimento primário das estradas	64
9.4.2. Principais problemas e correção.....	65
9.5. Principais estratégias utilizadas no município	66
9.6. Principais problemas observados no município durante as intervenções..	70
9.7. Estimativa de custos e rendimento operacional.....	73
10. CONSIDERAÇÕES FINAIS	76
REFERÊNCIAS	77
ANEXO - Glossário de termos técnicos	79

1. APRESENTAÇÃO

É com grande satisfação que a EMATER MG apresenta o “Guia Prático para Adequação e Conservação de Estradas Rurais”. Este documento foi elaborado com o objetivo de fornecer orientações técnicas e práticas para gestores municipais, extensionistas e proprietários rurais envolvidos nos serviços de melhoria da malha viária municipal nas comunidades mineiras.

As estradas rurais, também conhecidas como vicinais, desempenham um papel fundamental no desenvolvimento socioeconômico das áreas rurais, facilitando o acesso a serviços básicos, mercados e oportunidades de trabalho. Reconhecendo a importância dessas vias para o desenvolvimento local, este guia aborda uma série de temas essenciais para a gestão eficiente das estradas rurais.

É importante ressaltar que o trabalho de Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER) desempenha um papel crucial na implementação das práticas recomendadas neste guia. Os extensionistas locais são fundamentais para fornecer apoio técnico e orientação aos produtores rurais na execução dos serviços, promovendo o desenvolvimento sustentável das áreas rurais.

Esperamos que este material seja uma ferramenta útil e prática para todos os envolvidos na gestão de estradas rurais, contribuindo para a melhoria da infraestrutura viária e o desenvolvimento socioeconômico e ambiental dos municípios mineiros.

2. INTRODUÇÃO

As estradas rurais desempenham um papel vital na conectividade e acessibilidade das comunidades situadas fora dos centros urbanos. Elas não são apenas vias de transporte, mas também caminhos que ligam propriedades agrícolas, pastagens, florestas e áreas remotas. Ao percorrerem campos vastos, florestas e vilarejos, essas estradas representam uma parte essencial da infraestrutura que sustenta a vida rural, testemunhando silenciosamente as histórias e modos de vida locais (OLIVEIRA et al., 2024).

A “adequação e conservação de estradas rurais” refere-se ao conjunto de práticas e intervenções técnicas voltadas para a melhoria, manutenção e preservação das vias não pavimentadas que conectam áreas rurais. Este processo envolve a realização de obras que visam melhorar a estrutura e a funcionalidade das estradas, garantindo condições adequadas de trafegabilidade e segurança. A adequação inclui ações como a estabilização do leito da estrada, o controle da drenagem e a implementação de medidas para reduzir a erosão e a degradação do solo.

A conservação, por sua vez, abrange a manutenção regular dessas vias, incluindo reparos periódicos, sinalização apropriada, desobstrução de sistemas de drenagem e outras práticas que assegurem a longevidade e a eficiência da infraestrutura viária rural. O objetivo é promover um desenvolvimento rural sustentável, facilitando o acesso a mercados, serviços e áreas produtivas, minimizando os impactos ambientais negativos.

Conservar uma estrada rural significa manter a condição de trânsito durante todo o ano. O impedimento à circulação de veículos ou as más condições do leito das estradas causam prejuízos ao transporte de alimentos e mercadorias, dificultam ou impedem o acesso à saúde e educação, prejudicam a atividade de turismo e a comunicação de pessoas.

Tanto no tempo da seca, quanto no das chuvas é necessário que o leito das estradas mantenha a condição satisfatória ao trânsito. Investir na manutenção e desenvolvimento das estradas rurais é fundamental para reduzir desigualdades entre áreas urbanas e rurais, promovendo um desenvolvimento equitativo e sustentável. O relatório “Minas Gerais do Século XXI” destaca a importância do setor de transporte para o bem-estar e o desenvolvimento econômico, indicando que deficiências nessa área podem reduzir a produtividade e comprometer a qualidade de vida.

Quando a conservação, com utilização de máquinas e/ou colocação de materiais, é realizada com frequência, significa que não se está fazendo o trabalho de forma correta. O problema apresentado, em um trecho, não está sendo resolvido.

Deve-se trabalhar para que a conservação seja necessária somente em intervalo de tempo longo, podendo ser realizada, satisfatoriamente, com a utilização mínima, de máquinas, implementos e/ou materiais. Para que isso aconteça é preciso que se realize, primeiro, a adequação das estradas rurais, ou seja, realizar uma intervenção correta utilizando a técnica adequada, o(s) material(is) adequado(s) e as máquinas e implementos adequados à solução do problema que ocorre em determinado trecho de estrada.

O sucesso nos trabalhos de adequação e conservação de estradas rurais depende do conhecimento técnico e qualificado dos operadores de máquinas e gestores envolvidos. A formação técnica adequada é crucial para que as práticas de conservação do solo, manejo de água e manutenção da infraestrutura viária sejam implementadas de maneira eficaz. Gestores municipais bem preparados podem planejar e executar obras de maneira mais eficiente, garantindo a durabilidade das estradas e a minimização dos impactos ambientais negativos. O planejamento detalhado e o conhecimento profundo da malha viária municipal são diferenciais importantes para os municípios. Com um mapeamento preciso e uma gestão eficiente das estradas, é possível priorizar intervenções, otimizar recursos e implementar medidas preventivas que prolonguem a vida útil das vias. Municípios que demonstram competência na gestão e na execução de obras de infraestrutura viária são mais propensos a obter recursos financeiros para financiamento de seus projetos, pois evidenciam capacidade técnica e compromisso com a qualidade e sustentabilidade dos trabalhos. A transparência, a eficiência e a sustentabilidade dos projetos são postos-chaves que podem atrair investimentos e parcerias.

A qualificação dos trabalhos de adequação e conservação das estradas rurais também depende da disponibilidade e do uso adequado de equipamentos especializados. Máquinas para construção e manutenção de estradas, equipamentos para controle de erosão e sistemas de captação de água são essenciais para a execução eficiente das obras. Investir em tecnologia e equipamentos modernos não só melhora a qualidade das estradas, mas também potencializa a eficiência dos recursos humanos envolvidos.

Este guia busca fornecer uma base sólida para gestores, operadores de máquinas e equipamentos, extensionistas e comunidades envolvidas na adequação e conservação de estradas rurais, enfatizando a importância do conhecimento técnico, do planejamento estratégico e do uso adequado de recursos. Ao seguir as melhores práticas e os princípios delineados neste guia, os municípios podem não apenas melhorar sua infraestrutura viária, mas também promover o desenvolvimento sustentável e a qualidade de vida das comunidades rurais.

3. RELAÇÃO ESTRADAS RURAIS E DESENVOLVIMENTO LOCAL

As estradas rurais desempenham um papel fundamental no desenvolvimento das comunidades rurais, promovendo a integração socioeconômica e facilitando o acesso a serviços básicos, mercados e oportunidades de trabalho. De acordo com estudos de Oliveira (2019), a presença de estradas rurais bem conservadas está diretamente associada ao aumento da produtividade agrícola, ao desenvolvimento do turismo rural e ao fortalecimento das atividades econômicas locais.

Além disso, a melhoria da infraestrutura viária rural contribui para a redução das desigualdades regionais e para a inclusão social das comunidades mais isoladas. Segundo Silva et al. (2020), a construção e manutenção de estradas rurais geram empregos diretos e indiretos, estimulando o empreendedorismo local e promovendo a fixação de pessoas no campo.

A acessibilidade proporcionada pelas estradas rurais também é essencial para o acesso a serviços públicos essenciais, como saúde, educação e segurança (FIGURAS 1, 2 e 3). Conforme destacado por Santos (2018), a presença de estradas em boas condições de trafegabilidade facilita o deslocamento de moradores para centros urbanos próximos, possibilitando o acesso a serviços de melhor qualidade e ampliando as oportunidades de desenvolvimento humano.



Figuras 1, 2 e 3. Serviços essenciais oferecidos por meio do uso de estradas rurais.

Além dos aspectos econômicos e sociais, as estradas rurais também desempenham um papel crucial na preservação ambiental e no manejo sustentável dos recursos naturais. De acordo com estudos de Pereira (2021), a implantação de estradas rurais deve ser realizada de forma planejada e integrada ao meio ambiente, visando minimizar impactos negativos como a erosão do solo, o desmatamento e a poluição hídrica.

Portanto, a relação entre estradas rurais e desenvolvimento local é indissociável, destacando a importância da infraestrutura viária rural como catalisadora do crescimento econômico, social e ambiental das comunidades rurais. Investimentos em melhorias nas estradas rurais devem ser priorizados pelos gestores públicos como parte de uma estratégia abrangente de desenvolvimento regional sustentável.

4. ASPECTOS AMBIENTAIS RELACIONADOS À GESTÃO DE ESTRADAS RURAIS

A gestão de estradas rurais deve considerar cuidadosamente os aspectos ambientais para minimizar os impactos negativos sobre os ecossistemas locais e garantir a sustentabilidade das atividades desenvolvidas nas áreas rurais (FIGURA 4). Uma das formas de mitigar esses impactos é por meio do manejo das áreas de entorno das estradas. Conforme destacado por Pereira e Almeida (2020), a conservação e a recuperação dessas áreas contribuem para a proteção dos recursos hídricos, a manutenção da biodiversidade e a prevenção da erosão do solo, aspectos cruciais para a gestão ambiental das estradas rurais.

Um dos principais desafios ambientais relacionados à gestão de estradas rurais é o controle da erosão do solo (FIGURA 7). De acordo com estudos de Oliveira et al. (2019), o desmatamento das margens das estradas e a falta de dispositivos de drenagem adequados podem aumentar o processo erosivo, causando assoreamento de rios e degradação dos recursos hídricos. Portanto, medidas de conservação do solo, como o plantio de vegetação nativa e a construção de barragens de contenção são essenciais para minimizar esses impactos.

Quando ocorrem as chuvas, as estradas também podem contribuir para a retenção das águas (FIGURA 4), recarregando os mananciais, com disponibilidade de água no período seco, ou para seu escoamento, provocando enxurrada, erosão e assoreamento dos cursos d'água. Ocorrendo enxurrada e erosão, o próprio leito sofre deterioração. Na época das chuvas os problemas são acen- tuados.



Figura 4. Bacia de captação e armazenamento de água de chuva - escoamento de estrada rural.

Os impactos relacionados à água são uma preocupação central nas atividades de adequação e conservação de estradas rurais. A construção de estradas pode alterar o regime hidrológico local, aumentando o escoamento superficial e reduzindo a infiltração de água no solo. Para mitigar esses impactos, é importante implementar práticas de manejo da água, como a construção de bacias de contenção e a instalação de sistemas de drenagem eficientes, que direcionam a água de forma controlada e segura, evitando a erosão e a contaminação dos corpos d'água.



Figura 5. Paisagem conectada às estradas rurais.



Figura 6. Deposição de solo.



Figura 7. Estrada erodida.

A figura 5 apresenta uma paisagem degradada, destacando a estrada rural que percorre pela área. Esta imagem evidencia a falta de planejamento na integração das estradas com o meio ambiente, resultando em degradação dos recursos naturais circundantes. Na Figura 6, observamos um ponto crítico da estrada onde ocorreu um deslizamento de terra significativo, criando uma barreira de lama que dificulta a passagem de veículos e pedestres. Esse problema é frequentemente causado pela ausência de medidas adequadas de estabilização de taludes e manejo inadequado das águas pluviais. A Figura 7 ilustra um trecho erodido da estrada devido à drenagem inapropriada.

A erosão severa não apenas compromete a estrutura da estrada, mas também contribui para a sedimentação de corpos d'água próximos, exacerbando a degradação ambiental. Esses exemplos sublinham a necessidade urgente de um planejamento mais eficaz e de práticas de manejo sustentável para a construção e manutenção de estradas rurais, de forma a preservar a integridade das paisagens e dos recursos naturais.

Além disso, a preservação de áreas dentro do imóvel rural também está intrinsecamente relacionada com a gestão ambiental de estradas rurais. Estudos de Silva e Santos (2018) ressaltam que a manutenção de matas ciliares, nascentes e áreas de preservação permanente (APPs) ao longo das estradas contribui para a proteção dos recursos naturais e a conservação da fauna e da flora local. Dessa forma, a integração entre a conservação das áreas dentro do imóvel rural e a gestão das estradas rurais é essencial para garantir a sustentabilidade ambiental das áreas rurais.

Boas práticas de produção agropecuária, especialmente nas áreas adjacentes às estradas, são parte complementar crucial desses serviços de melhoria. Ao adotar técnicas como terraços em nível e bacias de captação de água de chuva, os agricultores não apenas beneficiam suas propriedades, mas também contribuem para a conservação das estradas rurais. Essas práticas reduzem a quantidade de água que escoar para as estradas, minimizando erosões e danos à infraestrutura viária (FIGURAS 8 e 9). Além disso, a água desviada das estradas pode ser conduzida e armazenada para infiltração no solo em áreas particulares, melhorando a disponibilidade hídrica e a sustentabilidade das atividades agrícolas. Essas práticas ajudam a mitigar os efeitos das mudanças climáticas ao melhorar a retenção de água e reduzir a erosão do solo. A coleta e o armazenamento de água da chuva em áreas adjacentes às estradas não apenas conservam os recursos hídricos, mas também suportam a recarga dos lençóis freáticos, beneficiando o meio ambiente de forma ampla.



Figura 8. Alagamento de estrada, causado pelo escoamento superficial excessivo e pela ausência de controle de drenagem adequado.



Figura 9. Curso d'água assoreado, causado pelo escoamento superficial excessivo com carreamento de solo.

O uso de materiais diversos como entulhos de construção, escórias industriais e aditivos nos trabalhos de melhoria de estradas rurais tem se tornado uma prática cada vez mais considerada por suas potenciais vantagens econômicas e ambientais. No entanto, essa prática também apresenta desafios e riscos que precisam ser cuidadosamente avaliados para garantir que os benefícios superem os impactos negativos.

Uma das principais vantagens do uso de entulhos e escórias é a redução de custos. Materiais de construção reciclados são geralmente mais baratos do que os materiais virgens, o que pode representar uma economia significativa para os municípios com orçamentos limitados. Além disso, o uso de resíduos na construção de estradas promove a economia circular, ao reutilizar materiais que de outra forma poderiam ser descartados em aterros sanitários, contribuindo para a redução da quantidade de resíduos sólidos urbanos.

Do ponto de vista ambiental, a reutilização de entulhos e escórias pode reduzir a demanda por recursos naturais, como a extração de agregados naturais (cascalho, brita) utilizados na melhoria de estradas. Isso pode contribuir para a redução dos impactos ambientais associados à mineração e ao processamento desses materiais e a diminuição de resíduos em aterros, no entanto, o uso desses materiais também apresenta desvantagens e riscos que devem ser considerados. A composição dos entulhos de construção e das escórias industriais pode variar significativamente, afetando a qualidade e a durabilidade das estradas nas quais esses materiais foram utilizados.

Além disso, existe o risco potencial de contaminação ambiental. Escórias industriais, por exemplo, podem conter metais pesados e outros contaminantes que se infiltrarem no solo e na água, causam poluição e potencialmente

prejudicam a saúde humana e a biodiversidade local. Da mesma forma, entulhos de construção podem conter substâncias perigosas, como amianto, que representam riscos significativos se não forem adequadamente gerenciados.

Em termos de aditivos, sua utilização tem o potencial de melhorar a performance das estradas, aumentando a resistência e a durabilidade do pavimento, entretanto, alguns aditivos químicos podem ter impactos ambientais negativos, especialmente se não forem biodegradáveis ou se forem tóxicos. A escolha de aditivos deve ser feita com base em uma análise cuidadosa de seus impactos ambientais e de seu desempenho técnico.

Os trabalhos de adequação e conservação de estradas rurais necessitam estar integrados à gestão ambiental do município, considerando não apenas a infraestrutura viária municipal, mas também as áreas particulares adjacentes às estradas (FIGURAS 10 e 11), áreas protegidas, dentro e fora dos imóveis rurais e a adoção de práticas conservacionistas de solo e água. Além disso, é crucial avaliar cuidadosamente os riscos e benefícios dos materiais utilizados, garantindo a conformidade com padrões de qualidade e segurança. Os investimentos em práticas de manejo sustentável e conservação ambiental integrados aos serviços de adequação e conservação de estradas são essenciais para promover o desenvolvimento socioeconômico das comunidades rurais sem comprometer a integridade dos ecossistemas locais.



Figuras 10 e 11. Impactos negativos causados pelo mau uso e manejo do solo em áreas particulares adjacentes às estradas rurais, demonstrando a necessidade de gestão ambiental integrada de práticas de proteção e conservação de solo e água.

4.1. Legislação ambiental diretamente aplicada aos serviços de adequação e conservação de estradas rurais

A adequação e conservação de estradas rurais em Minas Gerais estão indiretamente sujeitas a uma série de aspectos legais que visam garantir a proteção do meio ambiente e a sustentabilidade dos recursos naturais. Esses aspectos são regidos por leis estaduais e federais que devem ser observadas para assegurar a conformidade legal e minimizar os impactos ambientais adversos.

A Lei nº 20.922, de 16 de outubro de 2013, que dispõe sobre a política florestal e de proteção à biodiversidade no Estado de Minas Gerais, é um dos principais marcos legais que incide sobre os serviços de adequação e conservação de estradas rurais, especialmente quando há necessidade de supressão de vegetação nativa, intervenção em cursos d'água ou necessidade de resguardar a proteção da fauna silvestre. Esta lei estabelece normas para a proteção da flora e fauna nativas e regula atividades que possam causar degradação ambiental, exigindo autorizações específicas para intervenções em áreas protegidas e impõe a necessidade de recuperação de áreas degradadas, o que é particularmente relevante para projetos de construção ou manutenção de estradas que afetam a cobertura vegetal e os recursos hídricos (FIGURAS 12 e 13).



Figura 12. Exemplo de estrada atravessando uma Área de Preservação Permanente (APP) para fins ilustrativos.



Figura 13. Exemplo de estrada em áreas restauradas com espécies florestais nativas.

Em relação à proteção da fauna, o Decreto Estadual nº 47.383, de 02 de março de 2018, regulamenta a Lei Estadual nº 20.922 e especifica ações para a proteção da fauna, como a implementação de corredores ecológicos e passagens de fauna. Estes são essenciais para permitir que os animais possam atravessar as estradas com segurança, reduzindo o risco de atropelamentos e fragmentação de habitats. A criação de passagens de fauna, como túneis e pontes verdes, é uma prática recomendada para promover a conectividade entre áreas naturais fragmentadas pelas estradas.

A Lei Federal nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, conhecida como Lei de Crimes Ambientais, também se aplica no contexto estadual e estabelece sanções para atividades que causem danos à fauna. A legislação prevê penalidades para a destruição de habitats naturais e o atropelamento de animais silvestres, reforçando a necessidade de adotar medidas de mitigação durante a execução de obras de infraestrutura.

Outro aspecto relevante é a Lei nº 6.567, de 24 de setembro de 1978, que trata da extração de cascalho e outros minerais. A utilização desses materiais na construção e manutenção de estradas rurais deve obedecer aos critérios estabelecidos por esta lei, que exige licenciamento ambiental e a adoção de medidas mitigadoras para minimizar os impactos da extração mineral. A legislação prevê que qualquer atividade de extração necessita ser feita de maneira sustentável, evitando a degradação de áreas adjacentes e a contaminação de corpos d'água.



Figura 14. Local de extração de material agregado.



Figura 15. Exemplo de certificado de licenciamento ambiental para extração de material agregado.

Além dessas leis específicas, os regulamentos gerais sobre meio ambiente e desenvolvimento rural também se aplicam. A gestão de resíduos gerados durante a construção e manutenção das estradas rurais precisa estar em conformidade com as normas estabelecidas pela política estadual de resíduos sólidos, que prevê o correto manejo, tratamento e disposição final de resíduos para evitar a contaminação do solo e dos recursos hídricos. Assim, cuidados devem ser adotados para evitar que materiais utilizados no leito de rodagem sejam carregados para cursos d'água.

A participação das comunidades locais e das autoridades regulatórias é crucial para o sucesso dos projetos de adequação e conservação de estradas

rurais. A inclusão das comunidades no processo de planejamento e execução das obras não só promove a transparência, mas também garante que as necessidades e as preocupações locais sejam consideradas. As autoridades regulatórias desempenham um papel fundamental na fiscalização e no cumprimento das normas ambientais, garantindo que os projetos sigam as melhores práticas e estejam em conformidade com a legislação vigente.

5. GEOTECNOLOGIAS APLICADAS À GESTÃO DE ESTRADAS RURAIS

O termo geoprocessamento se refere à capacidade de processar informações geolocalizadas. É um termo amplo e que pode levar a confusões conceituais e semânticas, mas em resumo, é um conjunto de tecnologias, processos e métodos utilizados para o processamento digital de dados e informações geográficas.

O geoprocessamento engloba diversas tecnologias de tratamento e manipulação de dados geográficos, por meio de programas computacionais. Dentre essas tecnologias, destacam-se o sensoriamento remoto, a digitalização de dados, a automação de tarefas cartográficas, a utilização de sistemas de posicionamento global (GPS) e os sistemas de informações geográficas (SIG). Esse conjunto de tecnologias engloba diversos tipos de sistemas e técnicas para tratamento da informação espacial, permitindo a visualização em forma de mapas, tabelas e gráficos, constituindo-se ferramenta de análise e subsídio à tomada de decisão.

Uma aplicação desta ferramenta seria um planejamento para execução de serviços em estradas vicinais, podendo ser substancialmente aprimorados com o uso de geotecnologias, permitindo uma análise detalhada do ambiente da área de estudo, dimensionando com precisão a malha viária de um município e elaborando mapas diversos conforme ilustrado nas figuras 16 a 24.

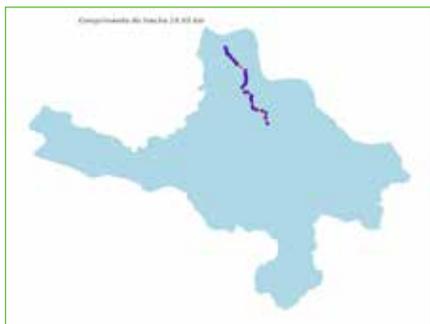


Figura 16. Localização do trecho de estrada onde serão realizadas as intervenções no município. **Observação:** Referência para elaboração das figuras 17 a 24.



Figura 17. Área adjacente ao trecho, delimitada num raio de 3 km. Fonte: Malha viária/Openstre-maps.



Figura 18. Microbacias hidrográficas, objeto de intervenção. Fonte: IDE Sisema.

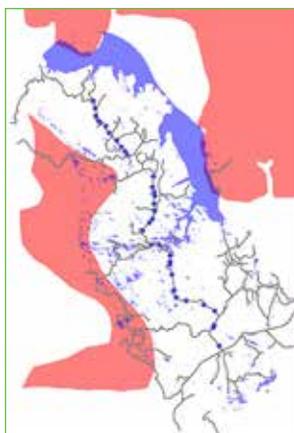


Figura 19. Áreas de risco de erosão, movimento de massa (vermelho) e alagamento (azul). Fonte: IDE Sisema / Sentinel-2.

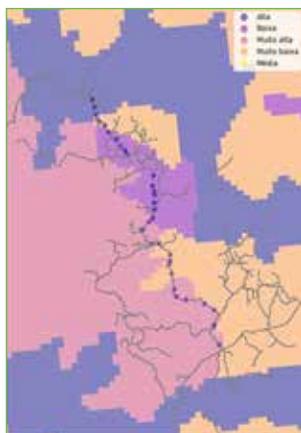


Figura 20. Mapa de erodibilidade. Fonte: IDE Sisema.



Figura 21. Mapa de precipitação média anual. Fonte: IDE Sisema.

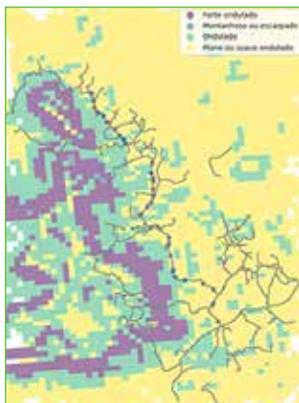


Figura 22. Mapa de declividade. Fonte: IDE Sisema.



Figura 23. Identificação de imóveis (vermelho) na área das intervenções. Fonte: IBGE.

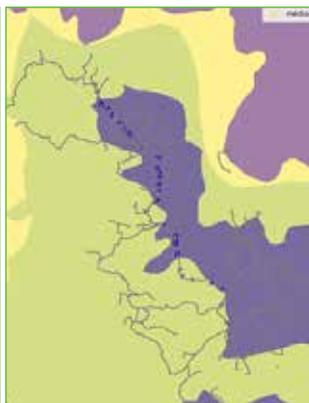


Figura 24. Mapa de textura do solo. Fonte: IDE Sisema.

Os SIG's possibilitam a integração de diversas camadas de informação geográfica, como mapas topográficos, imagens de satélite e dados socioeconômicos. Com essa abordagem integrada, os gestores podem tomar decisões mais informadas durante a gestão de estradas vicinais, levando em consideração não apenas aspectos técnicos, mas também socioeconômicos e ambientais.

Portanto, o uso das geotecnologias na gestão de estradas vicinais é fundamental para garantir um planejamento eficiente, sustentável e integrado. Adotando estas ferramentas, os gestores podem ampliar e tomar decisões baseadas em dados de forma a promover o desenvolvimento socioeconômico, a segurança viária e a preservação ambiental em suas regiões. Isso vai ao encontro a um termo bastante discutido e que merece atenção especial quando se trata de gestão pública, as cidades inteligentes ou smart cities que são aquelas que usam a inteligência como uma ação contínua em que o governo local, funcionários, cidadãos e outras partes interessadas pensam e implementam iniciativas que se esforçam para transformar uma cidade em um lugar melhor para morar.

Uma smart city é uma cidade eficiente, conectada e sustentável, que por meio de inovações tecnológicas os projetos dessas cidades buscam proporcionar um ambiente urbano que promova o desenvolvimento humano, use os recursos naturais de forma sustentável e impulse a economia local na busca de promoção da sustentabilidade se criando um cenário de controle dos desafios relacionados ao equilíbrio urbano. Seu objetivo principal é criar respostas às principais demandas sociais, podendo-se utilizar das oportunidades criadas pela tecnologia para facilitar essas soluções e reduzir o tempo de resposta entre o agente público e o cidadão.

6. CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES AOS SERVIÇOS DE ADEQUAÇÃO E CONSERVAÇÃO DE ESTRADAS RURAIS

Antes da realização de serviços de adequação e conservação de estradas rurais, é fundamental realizar considerações técnicas preliminares que orientem as ações a serem executadas. Essas considerações visam garantir a eficiência, a segurança e a durabilidade das intervenções realizadas, promovendo o bom funcionamento e a preservação das estradas rurais.

Uma das considerações técnicas preliminares essenciais é o diagnóstico detalhado do trecho a ser trabalhado. Conforme ressaltado por Santos et al. (2019), essa etapa envolve a avaliação das condições físicas da estrada, como o estado do revestimento primário, a presença de buracos, erosões e a eficácia dos dispositivos de drenagem. Essas informações são fundamentais para identificar as necessidades de intervenção e planejar os serviços de forma adequada.

Além disso, a classificação da malha viária municipal é outro aspecto importante a ser considerado. De acordo com estudos de Oliveira e Costa (2020), a classificação das estradas rurais conforme sua importância estratégica e fluxo de tráfego permite priorizar investimentos e recursos, direcionando-os para os trechos mais críticos e demandantes de intervenção.

Outro aspecto relevante é a quantificação e o dimensionamento das estradas. Segundo Silva e Almeida (2018), essa etapa envolve a medição da extensão da malha viária, a identificação de trechos com maior desgaste, a estimativa de materiais e equipamentos necessários para a realização dos serviços. Dessa forma, é possível planejar e executar as intervenções de forma eficiente e econômica.

As considerações técnicas preliminares são fundamentais para orientar os serviços de adequação e conservação de estradas rurais, garantindo a qualidade e eficácia das intervenções realizadas, contribuindo para a melhoria da infraestrutura viária rural.

6.1. Diagnóstico do trecho a ser trabalhado

A realização de um diagnóstico detalhado do trecho de estrada rural a ser trabalhado é um passo fundamental para garantir o sucesso das intervenções de adequação e conservação. Este diagnóstico consiste em um levantamento minucioso das condições atuais da estrada, permitindo uma avaliação precisa de seu estado de conservação, identificação de pontos críticos de drenagem, áreas suscetíveis à erosão e outros fatores que possam comprometer a integridade da via.

O diagnóstico inicial é essencial porque proporciona uma base sólida para o planejamento das ações corretivas e preventivas necessárias. Ao identificar o estado de conservação da estrada, é possível determinar as áreas que necessitam de reparos urgentes e aquelas que requerem apenas manutenção periódica. Este processo evita intervenções desnecessárias e otimiza os recursos financeiros e materiais disponíveis.

Além disso, o diagnóstico permite uma abordagem mais estratégica, considerando as especificidades do terreno e as condições climáticas locais. Com essas informações, é possível implementar medidas que não apenas melhoram a infraestrutura viária, mas também promovem a sustentabilidade ambiental, como a inclusão de técnicas de manejo de água e conservação do solo.

Em suma, o diagnóstico do trecho a ser trabalhado garante que as intervenções sejam bem fundamentadas, eficazes e sustentáveis, proporcionando estradas mais seguras e duráveis.

Dentre as características que precisam ser previamente conhecidas, destacam-se:

- a ocupação das áreas acima do trecho e sua capacidade de absorção das águas de chuva, que não podem chegar até o leito, podendo-se atribuir, ao(s) proprietário(s) lindeiros, a responsabilidade de retê-las;
- a ocupação das áreas abaixo do leito e sua capacidade de infiltração das águas de chuva, para evitar a erosão;
- o tipo de terra que compõem o leito (se permitirá a compactação ou não; sua capacidade de absorver e reter água, secando rapidamente ou permanecendo úmida mais tempo; se funcionará como “cola” ou precisará de outros materiais; sua resistência à erosão; a capacidade de atrito);
- a inclinação do trecho de estrada (se permitirá tração facilitada dos veículos ou não);
- o comprimento do trecho inclinado (que poderá favorecer o aumento da velocidade da água formando enxurrada e erosão);
- o tipo, a quantidade e o peso dos veículos que transitam;
- a identificação de problemas específicos, como deslizamentos de terra, buracos, e áreas propensas a alagamentos.

Também é essencial conhecer a(s) causa(s) do problema apresentado no trecho, que, resumidamente, podem agrupar em três conjuntos:

- 1 sistema de drenagem deficiente;
2. superfície de rolamento com desempenho deficiente;
3. subleito com capacidade de suporte deficiente.

No diagnóstico, caso seja identificada a necessidade de adicionar material externo, para melhorar o material existente no trecho, torna-se necessário conhecer suas características:

- » a terra argilosa adequada (que fará o papel de suporte e/ou de “cola”);
- » o cascalho/brita e o material que os acompanha e sua dimensão (para permitir o atrito satisfatório dos pneus dos veículos).

6.2. Classificação da malha viária municipal

A classificação da malha viária municipal é um passo essencial para o planejamento, manutenção e melhoria das estradas rurais. Essa classificação deve ser definida considerando as especificidades de cada município, uma vez que não existe uma classificação padrão aplicável a todas as regiões.

É comum os municípios usarem uma classificação da malha viária, baseada em critérios como volume de tráfego, importância socioeconômica e acesso a áreas produtivas e residenciais. Estradas que suportam um alto volume de veículos diários, incluindo transporte de carga e passageiros, são comumente consideradas como principais. Entretanto, existem vias que embora não apresentem um volume de tráfego elevado, são essenciais para o desenvolvimento econômico e social das comunidades rurais, sendo também prioritárias. Do mesmo modo, as vias que servem áreas com grande concentração de propriedades rurais produtivas ou que ligam comunidades residenciais a centros urbanos e outros serviços essenciais também possuem alta prioridade.

A classificação não reduz a necessidade de adequação e conservação das estradas, mesmo se estas sirvam a áreas menos densamente povoadas ou produtivas, porém, garantem que os recursos sejam alocados de maneira eficiente e que as intervenções, realizadas conforme a prioridade e necessidade de cada trecho.

Assim, de maneira didática, sugere-se classificá-las como: estradas principais, secundárias, terciárias e caminhos. Os critérios utilizados para a classificação devem ser identificados conforme especificidade de cada município. As figuras 25 e 28 apresentam exemplos desta classificação quanto ao tráfego diário.



Figura 25. Estrada principal - liga a sede do Município ao Distrito, possui linha de ônibus e rota de transporte escolar.

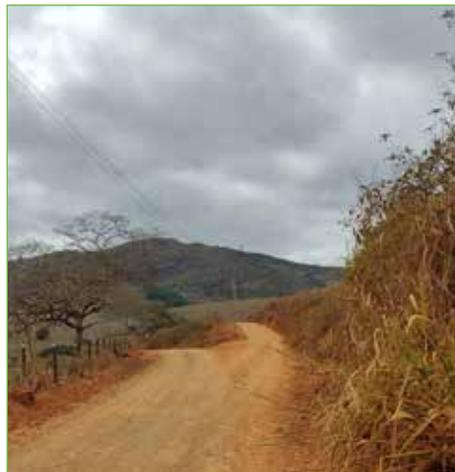


Figura 26. Estrada secundária - deriva da estrada principal, ligando o Distrito a propriedades rurais e alternativa de rota para a sede do Município.



Figura 27. Estrada terciária - também deriva da estrada principal, porém com acesso a um número limitado de propriedades.



Figura 28. Caminhos - Deriva dos outros tipos de estradas e normalmente dão acesso a uma única propriedade. Em alguns casos, o trânsito de veículos é limitado.

6.3. Dimensionamento de estradas

O dimensionamento adequado das estradas rurais é essencial para garantir a segurança e a eficiência do tráfego, bem como a durabilidade da infraestrutura.

6.3.1. Largura da pista de rolamento

A largura da pista de rolamento deve ser suficiente para permitir a passagem segura de veículos agrícolas e de transporte. Geralmente, recomenda-se que a pista de rolamento tenha entre 4,0 e 6,0 metros de largura, dependendo do volume de tráfego e do tipo de veículos que utilizam a estrada. Estradas

com tráfego mais intenso ou que transitam veículos de grande porte podem necessitar de pistas mais largas.

6.3.2. Largura dos Acostamentos

Embora estradas rurais frequentemente não possuam acostamentos tradicionais, é crucial que exista uma faixa de domínio entre a estrada e as cercas que delimitam as áreas particulares. Essa faixa de domínio é necessária para garantir a segurança e a eficiência das operações de manutenção da estrada. Além disso, ela proporciona espaço para a circulação de máquinas de manutenção e veículos de emergência, evitando conflitos com propriedades adjacentes.

A largura desta faixa de domínio deve ser de pelo menos 1,5 metros de cada lado da pista. Esta faixa não apenas facilita a manutenção, mas também serve como uma área de segurança para veículos que precisam parar temporariamente. Muitas vezes, essa faixa de domínio é regulamentada pela lei orgânica do município. Caso não esteja prevista, é necessário criar leis municipais específicas para tratar do assunto e assegurar a manutenção adequada das estradas rurais.

6.3.3. Inclinação Transversal e Longitudinal

A inclinação transversal, ou coroamento, é importante para garantir o escoamento adequado da água da chuva para fora da superfície da estrada, prevenindo a erosão e o acúmulo de água, o que pode comprometer a durabilidade da via. A inclinação transversal recomendada é de aproximadamente 2% a 5%.

Nas estradas rurais existentes, a inclinação longitudinal, ou declividade, muitas vezes apresenta variações significativas que podem dificultar a manutenção e aumentar o risco de erosão. A adequação e conservação dessas estradas precisa focar em identificar os trechos críticos onde a inclinação é excessiva e implementar medidas para mitigar os problemas associados. Isso pode incluir a construção de sistemas de drenagem eficientes, o uso de técnicas de estabilização de solo e a instalação de barreiras vegetativas para controlar a erosão. Trechos com inclinação longitudinal ideal, entre 3% e 10%, necessitam ser ajustados conforme as características topográficas locais para facilitar a manutenção e garantir a segurança do tráfego.

6.3.4. Raio das Curvas

O raio das curvas afeta diretamente a segurança e a velocidade com que os veículos podem transitar pela estrada. Curvas com raio pequeno têm poten-

cial de serem perigosas, especialmente em terrenos montanhosos. Para estradas rurais, um raio mínimo de curva de 15 a 30 metros é recomendado para garantir que os veículos façam as curvas com segurança.

6.4. Levantamento Ambiental, Social e Comunitário

A integração de conhecimentos técnicos e a participação comunitária são fundamentais para o sucesso dos trabalhos de adequação e conservação de estradas. Antes de qualquer intervenção em estradas rurais é fundamental realizar um levantamento ambiental, social e comunitário, considerando os seguintes aspectos:

- avaliação preliminar dos aspectos ambientais: deve incluir a identificação de nascentes, APPs e vegetação nativa remanescente. Essas áreas são sensíveis e exigem cuidados especiais para evitar danos ambientais significativos. As nascentes e APPs devem ser protegidas conforme a legislação ambiental, qualquer intervenção deve prever medidas para evitar sua degradação;
- identificação de impactos ambientais e medidas mitigadoras: identificar os possíveis impactos ambientais das intervenções na estrada é essencial para planejar ações mitigadoras. Impactos como desmatamento, erosão do solo, e poluição dos recursos hídricos devem ser avaliados. Medidas mitigadoras podem incluir a construção de sistemas de drenagem eficientes, a revegetação de áreas desmatadas e a implementação de técnicas de conservação do solo;
- identificação das comunidades e propriedades afetadas: é importante identificar as comunidades e propriedades afetadas pela intervenção na estrada. A análise deve considerar os impactos socioeconômicos, como possíveis deslocamentos, alteração no acesso às propriedades e impactos nas atividades produtivas locais. Um diálogo contínuo com a comunidade local é vital para entender suas demandas, preocupações e sugestões, garantindo que as intervenções sejam bem aceitas e atendam às necessidades locais;
- imagens relacionadas: quando possível, é útil incluir imagens que ilustram as práticas recomendadas, como diagramas de largura de pista e acostamento, exemplos de inclinação transversal e longitudinal, e fotos de boas práticas de manejo ambiental. Essas imagens ajudam a visualizar as recomendações e facilitam a compreensão dos conceitos discutidos.

6.5. Plano de ação e projeto técnico de execução

O sucesso na adequação e conservação de estradas rurais depende de um planejamento meticuloso e da execução de ações bem coordenadas. A criação de leis específicas pode ser necessária para garantir a regulamentação das faixas de domínio e outros aspectos legais relacionados. A participação ativa da comunidade, o treinamento adequado da equipe e a busca por fontes de financiamento são componentes críticos que potencializam a efetividade do projeto.

A elaboração de um plano de ações e um projeto técnico de execução é fundamental para garantir a efetividade e a sustentabilidade dos trabalhos. Este documento aborda os principais aspectos que devem ser considerados nesta fase, desde a definição do cronograma de serviço até o envolvimento da comunidade local e a busca por fontes de financiamento. Desta forma, é necessário definir um cronograma de serviço detalhado, que considere as prioridades estabelecidas com base na classificação das estradas. Estradas definidas como principais, devem ser priorizadas. Em seguida, são atendidas as estradas secundárias, terciárias e os caminhos, de acordo com sua importância socioeconômica e o volume de tráfego.

Os pontos críticos devem ser identificados e priorizados com base na classificação das estradas e nas áreas que causam maiores impedimentos à trafegabilidade. Esses pontos incluem áreas sujeitas a inundações, erosões graves e trechos com alta declividade. A intervenção nesses pontos é prioritária para melhorar a segurança e a funcionalidade da malha viária rural.

Os equipamentos mínimos necessários incluem: motoniveladora, retroescavadeira, caminhão-pipa, caminhão caçamba, pá carregadeira e rolo compactador de arrasto (FIGURAS 29 a 34). Caso o município não disponha desses equipamentos, será necessário adquiri-los ou buscar parcerias para a realização dos serviços. A disponibilidade adequada de maquinário é crucial para garantir a qualidade e a eficiência das intervenções.



Figura 29. Motoniveladora.



Figura 30. Retroescavadeira.



Figura 31. Caminhão pipa toco.



Figura 32. Caminhão caçamba.



Figura 33. Pá carregadeira.



Figura 34. Rolo compactador de arrasto.

A equipe mínima dependerá das máquinas, veículos e equipamentos disponíveis, entretanto, sendo essencial, além de operadores, contar com gestor de projeto, apoio administrativo e apoio nos trabalhos de campo. Treinamentos prévios são essenciais para garantir que todos os membros da equipe estejam preparados para operar os equipamentos com segurança e eficiência, além de compreenderem as melhores práticas de conservação ambiental.

Nesta etapa de planejamento, recomenda-se a participação da comunidade. Na reunião inicial, deve-se apresentar o levantamento preliminar elaborado, ouvir as contribuições dos moradores e conscientizá-los sobre a necessidade de intervenções em áreas particulares, como a retirada de água das estradas. O diálogo aberto e a inclusão da comunidade no processo ajudam a identificar problemas específicos e a formular soluções eficazes, além de promover a cooperação e o apoio ao projeto.

Para garantir a qualidade e a eficácia das intervenções e uma execução eficiente, sem contratempos é fundamental considerar diversos aspectos:

- a. Escolha da época adequada para o início dos trabalhos, levando em conta a disponibilidade de máquinas e as condições climáticas favoráveis para otimizar a realização das atividades;
- b. Definição da sequência dos trabalhos de forma estratégica, seguindo a máxima de que “a ordem dos trabalhos altera o produto”, priorizando intervenções conforme as necessidades e prioridades identificadas no projeto;
- c. Garantia de apoio logístico-operacional eficiente, proporcionando conforto e segurança tanto para os trabalhadores quanto para as máquinas, de modo a evitar transtornos aos usuários da estrada durante a realização das atividades;
- d. Realização de acompanhamento técnico constante por parte do responsável técnico, que deve supervisionar sistematicamente a execução dos trabalhos, conferindo e orientando as equipes, assegurando que as intervenções estejam de acordo com o projeto e os padrões de qualidade estabelecidos, somente dando por concluída a obra após verificar sua conformidade com os objetivos estabelecidos.

O acompanhamento dos serviços deve ser realizado pelo gestor de estrada, com o possível envolvimento de outros setores como Secretaria de obras, Secretaria de agricultura e de meio ambiente, EMATER MG, Poder Legislativo e a própria comunidade. Nos municípios que possuem o Conselho Municipal de Desenvolvimento Rural Sustentável - CMDRS, é essencial envolvê-lo em todas as etapas. A participação desses atores garante um monitoramento eficaz e a adaptação do plano conforme necessário.

A busca por financiamento é uma etapa crucial, especialmente em municípios com recursos financeiros limitados. Editais, emendas parlamentares e recursos de secretarias estaduais são algumas das fontes que podem ser

exploradas. A elaboração de um projeto técnico bem fundamentado e detalhado é essencial para aumentar as chances de obter financiamento. Demonstrar a competência na execução dos trabalhos e a eficácia do plano de ações pode atrair investidores e parceiros.

6.6. Capacitação e treinamento dos envolvidos

Para a execução dos serviços, é fundamental contar com uma equipe capacitada e bem treinada. A capacitação e treinamento de equipes responsáveis pelos trabalhos são aspectos essenciais para assegurar a eficiência e qualidade dos serviços prestados. Segundo Lima et al. (2019), a formação técnica e o conhecimento das melhores práticas contribuem para a realização de intervenções adequadas e a otimização dos recursos disponíveis.



Figura 35. Equipe qualificada em Boa Esperança MG.



Figura 36. Equipe qualificada em Goianã MG.

7. EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS DE ADEQUAÇÃO E CONSERVAÇÃO DE ESTRADAS RURAIS

A utilização de técnicas de engenharia adequadas, como o revestimento primário com materiais granulares e a construção de dispositivos de drenagem, é essencial para garantir a estabilidade do leito da estrada e minimizar os impactos da água da chuva. Segundo Oliveira e Costa (2018), a correta compactação do solo e o uso de materiais de qualidade contribuem para reduzir a formação de buracos e a erosão superficial. Dentre as obras mais comuns nos serviços estão a realocação de trechos, quebra de barranco, suavização de talude, revestimento e readequação de superfície, drenagem e controle de águas pluviais, dentre outros. Os tipos de obras e serviços mais comuns estão destacados neste capítulo.

No que diz respeito à manutenção, a realização regular de serviços de roçada, limpeza de sarjetas e desobstrução de bueiros é fundamental para garantir a funcionalidade e segurança da estrada. A manutenção preventiva evita a obstrução de dispositivos de drenagem e reduz o risco de acidentes, garantindo a fluidez do tráfego e preservando a qualidade da infraestrutura viária (GONÇALVES, 2021).

7.1. Realocação de trechos

Consiste em mudar ou transferir de lugar um trecho ou toda a estrada. Mas, devido ao custo elevado e geralmente gerar polêmicas ou atritos entre vizinhos, somente é recomendado quando a pendente for muito longa ou existir problemas tais como afloramento de rochas, atoleiros, curva muito acentuada e aclave ou declive muito forte. Quando isso ocorrer o trecho ou leito antigo deve ser incorporado às áreas produtivas ou preservadas.



Figuras 37, 38 e 39. Adequação de trecho, com suavização de curva.

7.2. Quebra de barranco

O leito das estradas de terra deve ficar o mais próximo possível da superfície natural do terreno, isto se faz através do desbarrancamento (bota dentro), aproveitando na terra para fazer o entupimento das valas e a elevação do leito (greide), bem como a suavização dos taludes (FIGURAS 40, 41 e 42).



Figuras 40, 41 e 42. Limpeza de barranco com aproveitamento de material para conformação do leito da pista.

7.3. Suavização de talude

São operações que deixam os barrancos com inclinações que permitam os trabalhos de motomecanização e o escoamento ou desvio das águas das chuvas para os terraços existentes ou a serem construídos, nas áreas adjacentes. Quanto menor for o declive dos taludes melhor serão as junções dos terraços com as lombadas (quebra-molas).

7.4. Revestimento e readequação do leito/superfície

Após o desbarrancamento (bota dentro) deve-se elevar o leito da estrada deixando este o mais próximo possível do nível natural do terreno, com o objetivo de facilitar o escoamento das águas das chuvas. Na sequência, faz-se o abaulamento do leito com uma declividade de 2 a 5% para evitar acúmulo de água no centro da pista de rolamento e facilitar o escoamento para os pontos pré-estabelecidos (FIGURAS 43, 44 e 45).



Figura 43. Adição de material externo para elevação de nível e conformação do leito da estrada.



Figura 44. Distribuição de material e abaulamento do leito.



Figura 45. Trecho com material compactado/selado.

7.4.1. Materiais para revestimento

O material a ser utilizado na superfície consiste na adição e mistura de agregado em solo argiloso (Figura 46) ou a colocação de solo argiloso misturado com agregados (Figura 47). A argila proporcionará liga ao material agregado proporcionando aderência e estabilidade à pista de rodagem.



Figura 46. Adição de agregado em trecho com solo argiloso.



Figura 47. Deposição de mistura (solo argiloso e agregado)

As figuras 48 a 51 ilustram um exemplo de mistura de solo argiloso e pó de brita que foram misturados na proporção 2:1 (solo:pó de brita).



Figura 48. Solo argiloso.



Figura 49. Pó de brita.



Figuras 50 e 51. Solo argiloso e pó de brita sendo misturados

A mistura pode ser realizada com pá carregadeira ou retroescavadeira (Figuras 50 e 51) de forma a deixar o material o mais homogêneo possível (FIGURA 53). Para determinar a proporção ideal de solo argiloso para material agregado, recomenda-se realizar manualmente as misturas para avaliação, conforme ilustrado na figura 52.



Figura 52. Mistura manual para análise da proporção ideal. Da esquerda para direita: 1,5:1,0 – 2,0:1,0 – 2,5:1,0 e 3,0:1,0.



Figura 53. Mistura de material para conformação do leito. Proporção 2:1.

A proporção de solo:agregado varia de 1,5 a 3,0 medidas de solo argiloso para 1,0 medida de agregado. Se o material com agregado estiver mais puro, requer uma quantidade maior de solo. Na mistura manual apresentada na figura 52, observou-se que na proporção 1,5:1,0 houve predominância de pedra e mistura desagregando com facilidade. Na proporção 2,0:1,0 (considerada ideal para os materiais analisados) a mistura mostrou-se bem agregada, com pedras visíveis na mistura. Ao aumentar a proporção, as pedras já se mostraram pouco visíveis, com predominância de solo argiloso.

As partículas minerais presentes no solo são categorizadas em classes de tamanho, também conhecidas como frações granulométricas. Essas frações incluem: matações (com diâmetro superior a 20 cm ou 200 mm), calhaus (com diâmetro entre 2 e 20 cm ou 20 a 200 mm), cascalhos (com diâmetro entre 0,2 e 2 cm ou 2 a 20 mm), areia (com diâmetro entre 2 e 0,053 mm), silte (com diâmetro entre 0,053 e 0,002 mm) e argila (com diâmetro inferior a 0,002 mm), conforme descrito por Santos et al. (2013) (Tabela 1).

Tabela 1. Frações granulométricas do solo (SANTOS et al., 2013).

FRAÇÕES/CLASSES		TAMANHO DAS PARTÍCULAS
Matacão		> 200 mm
Calhau		20 mm – 200 mm
Cascalho		2 mm -20 mm
Areia	Grossa	2,00-0,210 mm
	Fina	0,210-0,053 mm
Silte		0,053 mm-0,002 mm
Argila		< 0,002 mm

Os principais materiais utilizados para revestimento são:

- Cascalhos – utilização na pista de rolamento: em revestimento primário - diâmetro máximo 25mm) e em agulhamento - diâmetro máximo de 50 mm;
- Seixo Rolado – encontrado em leitos de rios – legislação ambiental;
- Saibros – solo residual areno-argiloso podendo conter pedregulhos em sua composição, utilizado para revestimento primário;
- Materiais graúdos – diâmetro maior que 76mm para enrocamentos de proteção junto às saídas de água de bueiros, drenagem superficial, etc.;

Rocha britada (usinas de britagem) – evitar o uso de agregados cujos grãos se aproximam da forma lamelar, ideal para a forma cúbica.

7.5. Construção de lombadas

São barreiras mecânicas perpendiculares ao sentido longitudinal da estrada, com o objetivo de seccionar ou diminuir o comprimento da rampa e interceptar o escoamento das águas pluviais do leito da estrada e conduzi-las de forma controlada para os terraços de absorção ou às bacias de retenção ou de infiltração.

O espaçamento entre as lombadas deve ser sempre que possível o mesmo utilizado no terraceamento das áreas agrícolas lindeiras e o mesmo será ligado aos terraços. Caso não haja utilização de terraço, deve-se seguir o espaçamento indicado para as bacias de retenção e infiltração.

A altura da lombada varia de acordo com o tráfego e declividade da pendente, em estradas de tráfego intenso e pesado as lombadas devem ser a mais baixa possível a fim de evitar acidentes e danos mecânicos aos veículos. Geralmente a altura varia de 0,20cm a 0,50cm após compactada.



Figuras 54 e 55. Ilustração de construção de lombada.

7.5.1. Localização e dimensão da lombada

As lombadas atuam como estruturas educativas, reduzindo a velocidade do trânsito e também integram o sistema de conservação das áreas agrícolas adjacentes a estrada rural.

As lombadas devem ser dimensionadas de maneira a não comprometer o tráfego e ao mesmo tempo evitar o escoamento inadequado das águas pluviais. O tamanho e a forma das lombadas devem ser compatíveis com a inclinação da estrada, podendo ser projetadas tanto para trechos íngremes, onde a velocidade da água é elevada, quanto para áreas mais planas. De acordo com Bellinazzi et al. (1989), o dimensionamento destes dispositivos deve considerar os seguintes critérios: i) Altura: 0,40 m (após compactação); ii) Largura: deve cobrir toda a largura da plataforma, com um acréscimo de 0,50 m em cada lado para garantir a conexão com os terraços ou bigodes/segmentos de terraço; iii) Comprimento: composto pelos segmentos 'b' (rampa de montante) e 'B' (rampa de jusante), cujos valores variam conforme a declividade da estrada, conforme mostrado na tabela a seguir:

Tabela 2. Comprimento da lombada em relação a declividade da rampa (i) % (BELLINAZZI, et al., 1989).

Declividade da rampa (i) %	Comprimento da rampa		
	A montante	A Jusante	Total
	B	B	B + B
1	6,00	6,00	12,00
2	6,00	6,30	12,30
3	6,00	6,60	12,60
4	6,00	6,90	12,90
5	6,00	7,20	13,20
6	6,00	7,50	13,50
7	5,70	7,80	13,50
8	5,40	8,10	13,50
9	5,10	8,40	13,50
10	4,80	8,70	13,50
11	4,50	9,00	13,50
12	4,30	9,30	13,50

Na construção das lombadas, o estaqueamento previamente realizado serve como referência para o corte. O material necessário pode ser obtido no próprio local, iniciando-se o corte pelas laterais da estrada e transportando o material até o ponto da lombada, onde será esparramado e compactado em camadas de, no máximo, 0,30m de espessura. Alternativamente, a lombada pode ser construída com material proveniente de jazida externa, seguindo o mesmo procedimento de transporte, esparramação e compactação em camadas de até 0,30m. Sempre que possível, as lombadas devem ser posicionadas de maneira a harmonizar com os terraços existentes nas áreas agrícolas adjacentes, mantendo o mesmo espaçamento. Bellinazzi et al. (1989), sugerem os espaçamentos conforme indicado na tabela 3.

Tabela 3. Espaçamento entre lombada (BELLINAZZI, et al., 1989).

Declividade média do terreno %	GRUPOS DE SOLOS							
	A		B		C		D	
	Espaçamento entre terraços (EH = Horizontal; EV = Vertical							
	EH	EV	EH	EV	EH	EV	EH	EV
1	56,50	0,56	49,70	0,50	40,70	0,41	33,90	0,34
2	42,20	0,84	37,20	0,74	30,40	0,61	25,30	0,51
3	35,60	1,07	31,30	0,94	25,60	0,77	21,40	0,64
4	31,30	1,26	27,80	1,11	22,70	0,91	-	
5	28,70	1,44	25,30	1,26	20,70	1,03	-	
6	26,60	1,60	23,40	1,40	-		-	
7	24,90	1,75	22,00	1,54	-		-	
8	23,60	1,89	20,80	1,66	-		-	
9	22,40	2,02	-		-		-	
10	21,50	2,15	-		-		-	
11	20,60	2,27	-		-		-	

7.6. Drenagem e controle de águas pluviais

As bacias de captação são obras escavadas nas laterais da estrada, geralmente feitas com o auxílio de retroescavadeira, pá-carregadeiras ou tratores, interligadas ou não com as lombadas e destinadas à acumulação, retenção ou infiltração das águas das chuvas (Figura 57). As bacias são utilizadas para armazenamento de águas pluviais drenadas superficialmente das estradas rurais, construídas somente quando não for possível o direcionamento das águas para o sistema de terraceamento das áreas marginais, nos casos de existirem barrancos excessivamente altos ou lavouras perenes ou matas (reservas).



Figura 56. Detalhamento de sarjetas (condutor de água pluvial), com pedras sendo utilizada como dissipadores de energia.



Figura 57. Uso de retroescavadeira na construção de bacia de captação de águas pluviais.

A bacia de captação pode ter várias formas: circular, meio-círculo, quadrada, retangular ou indefinida. O tamanho varia em função do número de bacias a serem implantadas, do volume de água a ser captado em cada uma delas e da velocidade de infiltração da água no solo. Em seu dimensionamento, considerada somente a água precipitada na estrada, uma vez que, se considerar a água oriunda da área de contribuição, ocuparia muito espaço e ornaria onerosa e trabalhosa a construção. O excesso de água da área de contribuição será drenado das bacias de retenção e desaguado em um vertedouro. A bacia (FIGURAS 58 e 59) é composta de um dreno coletor (sulco ou declividade) e um vertedor (dreno), ambos construídos somente em terra firme.



Figuras 58 e 59. Bacias de captação de águas precipitadas na estrada rural.

A distância entre as bacias de captação está detalhada na tabela 4. E seu dimensionamento pode ser realizado seguindo a seguinte metodologia;

- a. Cálculo da área de contribuição para a bacia/caixa de captação de águas pluviais:

A = L x D, em que:	A = área da bacia (m ²);
	L = largura da estrada (m);
	D = distância entre bacias (m).

- b. Cálculo do volume da bacia/caixa de captação de águas pluviais:

A = A x 0,10m, em que:	V = volume da bacia (m ³);
	A = área da bacia (m ²) 0,10 m = 100 mm de precipitação.

- c. Cálculo do raio da bacia de captação de águas pluviais. Em forma de semicírculo, com profundidade útil de 1,00m:

R = $\sqrt{V}/1,57$, em que:	r = raio da bacia (m);
	V = volume da bacia (m ³).

- d. Cálculo do raio da bacia de captação de águas pluviais. Em forma de círculo, com profundidade útil de 1,00m:

R = $\sqrt{V}/3,14$, em que:	r = raio da bacia (m);
	V = volume da bacia (m ³).

- e. Cálculo das dimensões da bacia de captação de águas pluviais. Em forma de retângulo, com profundidade útil de 1,00m:

- 1 Definir a largura da bacia.
2. Dividir o volume a armazenar pela largura definida, encontrando o comprimento da bacia.

C = V/l, em que:	C = comprimento da bacia (m);
	V = volume da bacia (m ³);
	l = largura definida (m).

- f. Cálculo das dimensões da bacia de captação de águas pluviais. Em forma de quadrado, com profundidade útil de 1,00m:

$l = \sqrt[3]{V}$, em que:	$V =$ volume da bacia (m^3);
	$l =$ lado da bacia (m).

ATENÇÃO!

Recomendar bacias, somente na **impossibilidade** de fazer o controle de escoamento das águas pluviais de outras formas, isto porque:

- Possuem período de vida útil reduzido;
- Requerem manutenção periódica;
- Ocorre assoreamento rápido, com formação de película que impedem a infiltração.

Tabela 4. Determinação da distância entre bacias, em função da variação da declividade e da largura da estrada:

DECLIVIDADE	LARGURA (l) DA ESTRADA EM METROS					
	4	6	8	10	12	14
%						
Até 5	48	72	96	120	144	168
6	43	66	86	108	130	151
7	38	58	77	96	115	134
8	34	50	67	84	101	118
9	29	43	58	72	86	101
10	24	36	48	60	72	84
11	22	34	45	56	67	78
12	21	31	42	52	62	73
13	19	29	38	48	58	67
14	18	26	35	44	53	62
15	16	24	32	40	48	56
16	15	23	30	38	46	53
17	14	22	29	36	43	50
18	14	20	27	34	41	48
19	13	19	26	32	38	45
20	12	18	24	30	36	42

Fonte: Acra, 1985.

7.7. Caixas dissipadoras de energia hidráulica

As caixas dissipadoras de energia hidráulica (FIGURAS 60 e 61), tem a finalidade de reduzir a velocidade de escoamento das águas, fazendo com que a água passe de uma caixa para a outra, conseqüentemente perdendo energia, até chegar ao ponto de descarga que pode ser um canal, riacho, rio ou tanque de armazenamento, após a construção da mesma deve-se ter o cuidado de vegetar ou empedrar as bordas das caixas por onde a água escorre evitando assim início de futuros processos erosivos.



Figuras 60 e 61. Demonstração de caixas dissipadoras de energia hidráulica.

7.8. Terraços de escoamento (bigodes)

São dispositivos de drenagem que armazenam e/ou conduzem as águas ao local receptor (ponto de descarga), seja natural ou artificial, a partir das sarjetas e/ou de outros dispositivos. Recomenda-se o uso de bigodes em complemento às lombadas, revestidos com materiais que minimizem o risco de erosão (FIGURA 63).



Figura 62. Construção de bigodes em complemento às lombadas.

Nas figuras 63 e 64, dois tipos de proteção que podem ser incorporados aos bigodes para sua proteção.

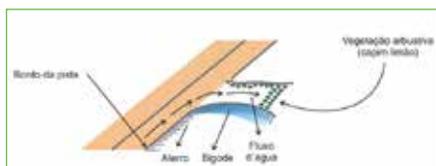


Figura 63. Proteção vegetal da saída do bigode

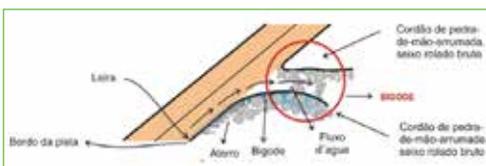


Figura 64. Proteção em enrocamento de pedra-de-mão-arrumada da saída do bigode

Na Figura 63, é ilustrado o plantio de espécies vegetais, como gramíneas, ao longo dos pontos mais vulneráveis à erosão hídrica. Já na Figura 64, são apresentados pequenos enrocamentos de pedra-de-mão, dispostos como barreiras físicas que permitem a passagem da água. Em ambos os casos, os bigodes devem ser dispostos em curvas suaves, evitando mudanças bruscas de direção.

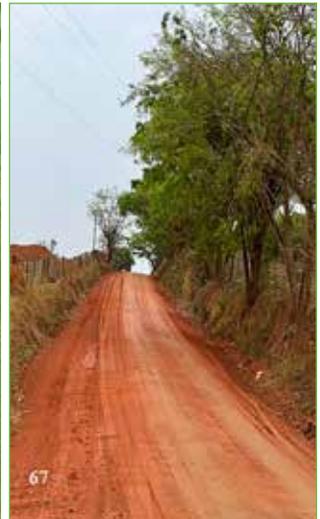
Em áreas onde as margens das estradas são utilizadas para agropecuária e as propriedades rurais possuem estruturas de terraceamento, os bigodes devem ser configurados de maneira a descarregar a água diretamente nos dispositivos de drenagem. Na ausência de terraços, recomenda-se o uso de bacias de captação.

7.9. Revestimento primário do leito

Essa técnica consiste na aplicação e compactação de materiais adequados sobre o leito da estrada previamente preparado, formando uma camada que garante a proteção do solo e uma melhor circulação de veículos.

O revestimento primário é especialmente indicado para estradas de baixo a médio fluxo de veículos e onde há necessidade de manter boas condições de trafegabilidade durante todo o ano, inclusive em períodos chuvosos, prevenindo a erosão e o surgimento de buracos e atoleiros. Essa técnica proporciona boas condições de rodagem e reduz custos de manutenção, apresentando como vantagens:

- **Durabilidade e Resistência:** Oferece uma superfície mais estável e resistente ao desgaste, reduzindo a necessidade de manutenções frequentes, além de ser mais durável em condições climáticas adversas.
- **Proteção contra Erosão:** A camada compactada de material granular protege o solo da erosão causada pelo escoamento das águas das chuvas, garantindo uma maior vida útil para a estrada.
- **Melhoria da Trafegabilidade:** Reduz o risco de atoleiros e formações de buracos, assegurando o trânsito contínuo de veículos, mesmo em áreas rurais mais remotas.



Figuras 65, 66 e 67. Ilustração de trechos em que foi realizada intervenção por meio de revestimento primário.

7.10. Agulhamento

O agulhamento é uma técnica de revestimento utilizada em estradas rurais, consiste na compactação de material granular diretamente sobre o leito natural da estrada, que deve estar previamente conformado. Essa técnica é recomendada quando o leito contém material argiloso em sua composição ou, alternativamente, sobre uma camada de argila proveniente de áreas de empréstimo.

Embora os resultados do agulhamento, em termos de durabilidade e desempenho, sejam inferiores aos do revestimento primário, ele oferece uma solução viável e econômica para melhorar estradas de baixo tráfego. Os materiais granulares mais indicados para o agulhamento incluem pedregulhos, seixo rolado classificado, cascalho selecionado e pedra britada, com diâmetros médios em torno de 2,5 cm. Esses materiais promovem uma superfície mais estável e resistente, ajudando a reduzir a degradação da estrada em condições climáticas adversas.

As principais etapas do agulhamento estão representadas nas figuras 68 a 73 e podem ser descritas da seguinte forma:

- I. Regularização da pista:** Ajuste do traçado da estrada, conforme os métodos tradicionais, garantindo uma superfície uniforme.
- II. Escarificação do subleito:** Quando o subleito é argiloso, ele deve ser escarificado para aumentar sua aderência aos materiais granulares. Caso contrário, uma camada de argila importada de caixas de empréstimo pode ser utilizada.
- III. Aplicação do material granular:** O material escolhido, como o pedregulho ou cascalho, é espalhado sobre a camada de argila.
- IV. Umedecimento ou secagem:** Dependendo das condições do solo, o material pode ser umedecido ou seco para garantir melhores resultados na compactação.
- V. Compactação:** A compactação é realizada para garantir que o material granular esteja firmemente cravado no leito da estrada, promovendo uma superfície mais resistente ao tráfego e ao escoamento das águas pluviais.

Essa técnica, apesar de mais simples que o revestimento primário, é uma opção eficiente para melhorar a trafegabilidade de estradas rurais de maneira rápida e com menor custo.



Figura 68. Escarificação do subleito.



Figura 69. Aplicação e distribuição do material.



Figura 70. uniformização.



Figura 71. Umedecimento do material.



Figura 72. Compactação.



Figura 73. Selamento final.

7.11. Reforço de subleito

O reforço do subleito é uma técnica essencial para melhorar trechos de estrada que estão assentados sobre solos com baixa capacidade de suporte. Nesses casos, é necessária a aplicação de uma camada de reforço para aumentar a resistência estrutural da via e garantir uma base adequada para a colocação do revestimento primário.

Essa camada adicional tem como principal objetivo fortalecer a base de sustentação da estrada, elevando sua capacidade de carga e garantindo que a estrutura suporte o tráfego de veículos, inclusive em condições climáticas adversas. Além disso, o reforço do subleito contribui significativamente para melhorar as condições de instalação do revestimento primário, proporcionando maior durabilidade à estrada.

Para obter resultados eficazes, a execução do reforço do subleito deve seguir uma metodologia adequada, conforme descrito a seguir:

- Regularização do subleito: Utilizando uma motoniveladora, o subleito é nivelado para garantir uniformidade e permitir a aplicação do material de reforço.
- Aplicação do material granular: O material de reforço, que pode ser composto por agregados granulares ou argilosos, é depositado com o

auxílio de um caminhão basculante e espalhado de maneira uniforme com a motoniveladora. A espessura dessa camada deve ser em torno de 20 cm.

- Controle de umidade: Dependendo das condições do material, pode ser necessário umedecer a camada utilizando uma irrigadeira apropriada. Caso o material esteja excessivamente úmido, pode-se proceder à secagem, utilizando uma grade de discos ou a própria motoniveladora.
- Compactação: Após o ajuste da umidade, a compactação é realizada com um rolo compactador, garantindo que o material aplicado fique bem consolidado e forme uma base resistente.

7.12. Sinalização viária

Na sinalização de estradas rurais, é necessário adotar princípios específicos que atendam às suas características particulares. Isso inclui a instalação de placas de sinalização vertical (FIGURAS 74 E 75) e horizontal adequadas ao ambiente rural, como indicações de curvas acentuadas, travessia de animais, pontes estreitas e trechos sinuosos. Além disso, podem ser utilizadas placas refletivas nas margens e outros mecanismos de sinalização que se adaptem às condições da via, garantindo a orientação e segurança dos condutores em meio a paisagens naturais e condições variáveis de iluminação. Esses elementos visuais são essenciais para alertar os usuários sobre possíveis obstáculos e condições da estrada, contribuindo para uma circulação segura e consciente.



Figuras 74 e 75. Exemplo de sinalização com uso de placas verticais.

7.13. Obras complementares

Dependendo das características de solo e rochas da região podem aparecer situações ou casos específicos ao longo da estrada, ou de determinados trechos que se está adequando havendo a necessidade da execução de obras complementares, sem as quais pode-se comprometer a eficiência de todo o trabalho realizado, a seguir citaremos algumas obras que aparecem com mais frequência nas estradas:

- I. **Bueiros:** São obras ou elementos destinados à drenagem ou à passagem de água sob o leito da estrada. As águas podem ser de pequenos riachos (sangas, calhas, minas, etc.) ou das águas pluviais. Os bueiros podem ser construídos de tubos de concreto armado, tubos metálicos, aros de pneus velhos, pedras ou ainda de madeiras.

O dimensionamento do bueiro é em função do volume de água (vazão) dado pela bacia de captação e precipitação média (média das máximas), mas nunca deve ter diâmetro inferior a 0,40 m. Os bueiros são calculados para trabalharem com 70% de sua capacidade de carga, apresentando melhor eficiência, pois desta maneira não trabalham “afogados”.

Em qualquer situação, durante a construção do bueiro, deve-se fazer o embocamento com pedras, tijolos ou concreto das cabeceiras, para evitar o desmoronamento e entupimento. O aterramento sobre os tubos deve ter uma camada de terra compatível com a resistência do material utilizado. Os tubos devem ser assentados sobre uma base bem conformada de terra ou concreto e sua declividade deve ser de 1 a 2%.

- II. **Drenos:** a formação de “atoleiros” na estrada pode ser causada devido à presença de lençol subterrâneo sob o leito ou minas d’água (merejamento) no barranco ou lateral, que escorrem para o leito da estrada.

A correção geralmente é feita com uma camada de reforço primário ou com a construção de drenos que servem para o “enxugamento” do leito. Os drenos também servem para o direcionamento das águas para fora da área de influência da estrada. Estes devem ser dimensionados em função do volume d’água a conduzir e do tipo de solo.

Quanto a sua construção, os drenos podem ser:

- III. **Abertos:** São condutos livres de secção geralmente trapezoidal, com a finalidade de conduzir a água por gravidade. A profundidade é em função do tipo de solo bem como dos taludes. Para maior eficiência recomenda-se declividade máxima de 0,002m/m ou em que a veloci-

dade de escoamento esteja dentro dos parâmetros dado pela tabela 5.

Quando o canal lateral for construído em solo arenoso ou de fácil erodibilidade é necessário a colocação de pedras ($\Phi > 8$ cm) no fundo para evitar a erosão e funcionar também como dissipador de energia hidráulica.

Para evitar o desbarrancamento ou desgaste (erosão) dos taludes, pode-se também fazer o plantio de grama, tomando o cuidado para que a vegetação não obstrua a passagem da água.

Tabela 5. Velocidade de escoamento e talude em função do tipo de solo

TIPO DE CANAL (DRENO)	VELOCIDADE	DECLIVIDADE	ÂNGULO EXTERNO
	m/s	H/V	-
Canal em areia fina	0,25 a 0,30	3,00:1	18º
Canal em areia grossa	0,30 a 0,50	2,00:1	26º
Canal em terreno arenoso	0,60 a 0,80	2,50:1	24º
Canal em terreno areno-silico-argiloso	0,70 a 0,80	1,50:1	34º
Canal em terreno argiloso compactado	0,80 a 1,20	0,58:1	60º
Canal em rocha	2,00 a 4,00	1,00:1	90º
Canal em concreto	4,00 a 10,00	1,00:1	90º

IV. Cobertos: Os drenos cobertos (subterrâneos) podem ser usados, de maneira geral, em declividades mais acentuadas que os drenos abertos.

Para a construção dos drenos pode-se utilizar os diversos materiais disponíveis próximo a obra, tais como:

- Bambu: são colocados em feixes dentro da vala aberta e depois cobertos com terra. Somente é recomendado onde existe água permanente, pois do contrário ocorrerá o rápido apodrecimento.
- Pedras: as pedras a serem utilizadas (pedras marroadas, pedras de mão, etc.) devem ser recobertas com capim ou lona plástica antes de se fazer o aterramento.
- Tijolos furados: após a abertura da valeta coloca-se os tijolos furados de forma longitudinal, de maneira que haja coincidência dos orifícios para o escoamento das águas.
- Tubos de drenagem e bidin: Devido aos altos custos, somente deverão ser utilizados em casos especiais. Os tubos podem ser de: concreto, concreto armado, PVC, ferro fundido ou galvanizado, etc.

ATENÇÃO!

Para drenos com bambu ou pedras, se possível, colocar uma camada de aproximadamente 15 cm de pedras britadas ou com diâmetro em torno de 3 a 5cm antes de se fazer o aterramento, isso facilita a drenagem.

8. PROBLEMAS MAIS COMUNS NAS ESTRADAS RURAIS

Tabela 6. Principais problemas em estradas rurais: ilustrações, causas e soluções recomendadas.

PROBLEMA	ILUSTRAÇÃO DO PROBLEMA	CAUSAS	CORREÇÕES
AREIÕES		<ul style="list-style-type: none"> ▷ Ocorrem em solos onde a percentagem de argila (material ligante ou cimentante) é muito baixa ou inexistente. Nesses casos é comum a formação de "bancos de areia" através da ação combinada das águas das chuvas que "levam a areia" e pelo tráfego intenso de veículos. Pode ocorrer em trechos pequenos ou longos, que em tempo de estiagem torna-se um sério problema de segurança para o tráfego. ▷ Pode ocorrer tanto nas baixadas como nos pontos altos, onde há predominância dos Neossolos Quartzarênicos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▷ Retirada da camada de areia solta e lançamento de uma camada de revestimento primário ou a mistura de terra com alta percentagem de argilas com a areia, na proporção que varia de 1:1 a 1:2,5.
ATOLEIROS		<ul style="list-style-type: none"> ▷ Baixa ou falta de capacidade de suporte do leito pela presença de água ou lençol freático muito próximo à superfície. 	<ul style="list-style-type: none"> ▷ Retirada da água através de drenagem e realização de reforço de subleito até obter o nível de sustentação desejado ▷ Adição de uma camada argilosa ou revestimento primário.
BURACOS REDONDOS "PANELAS"		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Drenagem deficiente; ✓ Falta de abaulamento para as laterais. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Reconformação do leito com abaulamento entre 3% a 5%; ✓ Controle de saída de água para as laterais;
COSTELA DE VACA (TREPIDAÇÕES)		<ul style="list-style-type: none"> ▷ Erosões transversais ao leito da estrada e também onde o "cascalhamento" foi realizado com material grosseiro (pedregulhos e com diâmetro superior 0,5 cm) e sem material ligante. ▷ Neste último caso, o trânsito de veículos vai "acumulando" o material transversalmente ao leito da estrada formando ondulações que causam trepidações nos veículos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▷ Lançamento e mistura de material ligante ou substituição do revestimento.

<p>EROSÕES NO LEITO</p>		<p>▷ Falta ou deficiência no "gerenciamento" das águas das chuvas, tanto na estrada como nas áreas lindeiras.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Implantação do "gerenciamento" das águas das chuvas através de: ✓ Adequação ou readequação das estradas; ✓ Terraceamento das áreas lindeiras a montante; ✓ Retirada das águas do leito da estrada direcionando-as para as áreas marginais; ✓ Manter o abaulamento do leito da estrada.
<p>POEIRA EXCESSIVA</p>		<p>✓ Revestimento do leito com material excessivamente fino e desagregado (ou não compactado). O excesso de poeira pode gerar insegurança aos usuários.</p>	<p>▷ Fazer o revestimento do leito com material selante e de boa compactação ou lançamento de revestimento primário.</p>
<p>PISTA ESCORREGADIA – SEM ADERÊNCIA</p>		<ul style="list-style-type: none"> ▷ Deficiência de drenagem; ▷ Falta de compactação; ▷ Material sem agregação; ▷ Material agregado, solto na pista. 	<ul style="list-style-type: none"> ▷ Evitar a chegada de água no leito da estrada; ▷ Conformação/abaulamento do leito; ▷ Compactação de material com teor de argila satisfatório/ ▷ Realização de revestimento primário ▷ Em leito argiloso, fazer o agulhamento do material; em leito não-argiloso fazer o revestimento primário.
<p>ESTRIAS</p>		<p>Material do leito com pouca capacidade de agregação; Falta de compactação adequada (causada pelo número reduzido de passagens do compactador ou utilização de material com falta de umidade); Perda de umidade ou umidade de compactação inadequada.</p>	<p>Revestimento primário; Reconformar o leito e realizar a compactação em um teor de umidade adequada.</p>
<p>EROSÃO MARGINAL E ESTREITAMENTO</p>		<p>▷ Sistema de drenagem inadequado (ausência de drenagem ou falta de conservação da estrutura de drenagem existente).</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▷ Implantação de estrutura de drenagem adequada às condições locais. ▷ Conservação de estruturas de drenagem já existentes.

9. ESTUDO DE CASO – MUNICÍPIO DE BOA ESPERANÇA MG

9.1. Descrição do município

Boa Esperança está localizado no Sul de Minas Gerais, possui extensão territorial de 860,70 km². A população, segundo censo de 2022, é de 39.848 habitantes. A economia é predominante rural (com os principais produtos café, milho, soja e leite). No ano de 2023, a participação da agropecuária no PIB foi de 17.39%, sendo que, se incorporados os demais segmentos do agronegócio (serviços, insumos, máquinas, impostos, embalagem, agroindústria) esse percentual será bem mais expressivo.

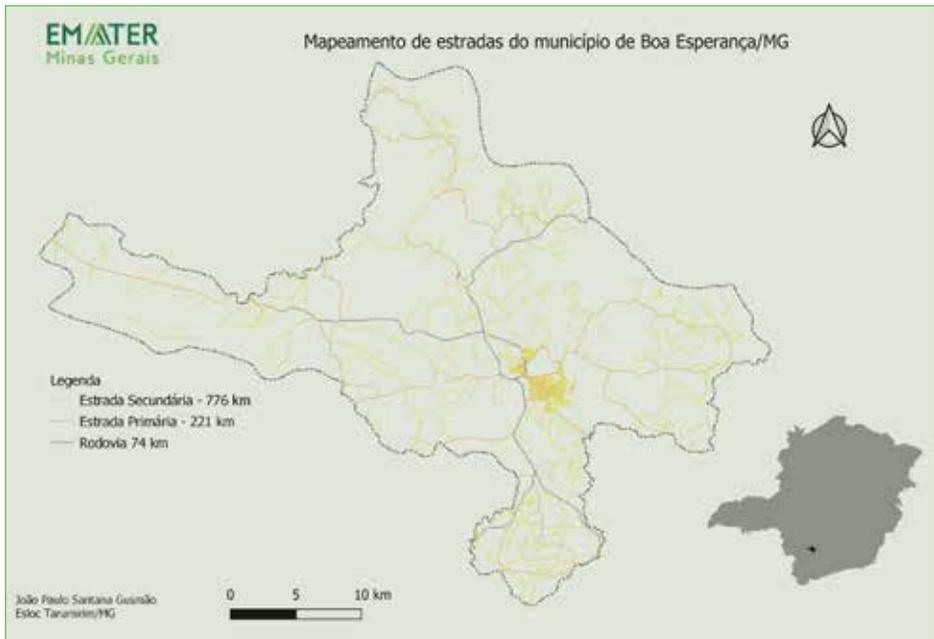


Figura 76. Mapeamento das estradas rurais do município de Boa Esperança MG.

9.2. Planejamento municipal para iniciar a manutenção das estradas rurais

- **1º Passo** - Reunião do CMDRS – Conselho Municipal de Desenvolvimento Rural Sustentável: Com a priorização de estradas rurais na elaboração do Plano Municipal de Desenvolvimento Rural Sustentável (Figura 77).
- **2º Passo:** Sensibilização dos produtores e poder público quanto à necessidade da manutenção das estradas rurais (Figura 78)

- **3º Passo:** Participação do Secretário Municipal de Agricultura, Secretário Municipal de Obras e gestores responsáveis pelo serviço de adequação na Capacitação de Manutenção de Estradas Rurais ministrada pelo Coordenador Técnico Regional da EMATER-MG Leonel Sátiro (Figura 79).
- **4º Passo** - Legalização de 05 cascalheiras para atender as comunidades rurais: A obrigatoriedade de autorização legal para a extração de cascalho está na lei 9.605/98. A extração irregular de bens minerais como o cascalho é pelo crime contra a ordem econômica, previsto no art. 2º da Lei 8176/91 e crime ambiental, constante do art. 55 da Lei 9605/98 (Figura 80).
- **5º Passo** - Aquisição de maquinários novos e estruturação das equipes para a manutenção das estradas: Foi necessária adequação dos recursos para maior rendimento na execução dos serviços, pois os maquinários antigos demandam constante manutenção, gastando tempo (pois precisavam ficar parados na manutenção) e recurso (Figura 81).
- **6º Passo** - Priorização dos pontos críticos em cada comunidade:
- Prioridades: Estrada principal - transporte escolar e escoamento da produção (Figura 82).
- **7º Passo** - Caracterização dos pontos críticos: dimensionamento dos trechos críticos, estimativa do tempo de serviço e material/implementos necessários. (Figura 83)
- **8º Passo** - Definição do Cronograma de atendimento às Comunidades. (Figura 84)
- **9º Passo** - Formação das equipes para atendimento às Comunidades:
 - » Equipe para retirada da água –abertura das bacias de contenção;
 - » Equipe para conformação da estrada e cascalhamento;
 - » Equipe para manutenção e construção de pontes e mata-burros (Figura 85).



Figura 77. Reunião CMDRS com a pauta de estradas rurais.



Figura 78. Acesso dificultado com a situação das estradas rurais.



Figura 79. Capacitação Manutenção e adequação de estradas rurais.



Figura 80. Cascalheira legalizada para retirada de cascalho.



Figura 81. Investimentos da Prefeitura Municipal para manutenção das estradas rurais.

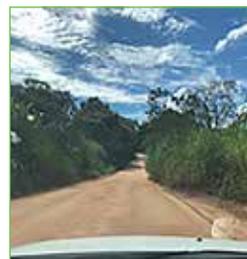


Figura 82. Levantamento e priorização dos pontos críticos de cada comunidade.



Figura 83. Dimensionamento dos pontos críticos de cada comunidade.



Figura 84. Definição do cronograma de atendimento às comunidades.

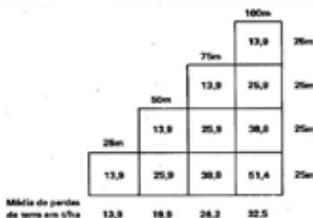


Figura 85. Formação das equipes

Tabela 7. Principais problemas em estradas rurais encontrados no município de Boa Esperança MG.

SITUAÇÃO DAS ESTRADAS	IMAGEM REPRESENTATIVA
<ul style="list-style-type: none">• Drenagem deficiente;• Estrada sem conformação de leito e sem presença de agregados;• Subleito com capacidade de suporte deficiente.	
<ul style="list-style-type: none">• Drenagem deficiente;• Estrada sem conformação de leito e sem presença de agregados;• Subleito com capacidade de suporte deficiente.• Deformações nas estradas.	
<ul style="list-style-type: none">• Drenagem deficiente;• Estrada sem conformação de leito e sem presença de agregados;• Subleito com capacidade de suporte deficiente.• Deformações nas estradas.	

- Presença de erosão: provocada pela falta ou deficiência no controle de água das chuvas.



Quanto maior a distância que a água percorre na estrada, maior a erosão provocada. Efeito do comprimento da rampa nas perdas de terra (erosão).



- Costela de vaca - deformações (ondulações) que causam trepidações nos veículos

Causas: erosões transversais ao leito da estrada e/ou cascalhamento realizado com material grosseiro (tamanho inadequado) e sem material ligante (argila).



- Formação de buracos.

Causas: Os buracos são formados pela contínua expulsão de partículas sólidas das poças d'água pela passagem dos veículos e/ou quando estão bastante desagregadas (poeira). Os fatores são: inexistência de camada de revestimento primário ou deficiências quanto à composição de sua mistura; ausência de partículas ligantes na composição dos materiais da superfície e/ou camada; plataforma da estrada mal drenada e sem abaulamento transversal.



- Falta de drenagem da água da chuva.

Causas: Baixa ou falta de capacidade de suporte do leito pela presença de água ou lençol freático muito próximo à superfície.



- Erosões no leito da estrada, com a água atravessando a estrada.

Causas: Falta ou deficiência no gerenciamento das águas das chuvas nas áreas acima da estrada.



- Perda de agregados para a borda das estradas.

Causas: ausência de material argiloso em proporções adequadas na composição da mistura de materiais, falta de umidade adequada e compactação na finalização do serviço.



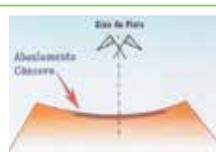
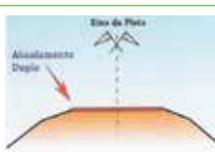
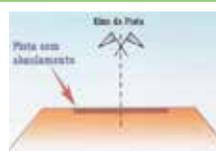
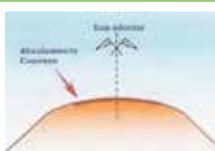
- Excesso de raspagem das estradas.

Causas: patrolamento sistemático e tecnicamente inadequado da motoniveladora, provocando, em consequência, um afundamento gradual do seu perfil longitudinal.



- Encaixotamento das estradas.

Causas: conforme descrito no quadro anterior, o patrolamento contínuo e tecnicamente inadequado da motoniveladora, provoca um afundamento gradual do perfil longitudinal que chamamos de encaixotamento, ou seja, ao invés da execução da reconformação de pista “para dentro” abaulando a estrada, os materiais foram jogados para os bordos. Assim, as águas superficiais de contribuição à plataforma ficam impossibilitadas de escoamento, potencializando ainda mais as péssimas características dos solos do subleito.



- Bacias de captação não funcionando.

Causas: existência de material solto nas estradas que é carregado pelas águas das chuvas.



- Estradas sem aderência.

Causas: falta de drenagem e de material aderente (cascalho) na estrada. Mesmo após convenientemente conformados e com a drenagem funcionando, alguns trechos da pista podem apresentar problemas quanto à sua capacidade de suporte ou se tomar, por exemplo, escorregadios sob condições de chuva, quando os materiais do subleito se apresentam com elevados teores de argila.





Excesso de poeira: perda da fração fina de partículas do leito da estrada ou do revestimento primário.

Causas: Material sem agregação satisfatória, utilização de material com alto teor de silte ou material trabalhado sem teor de umidade adequado e/ou compactação, e também a utilização de material com alto teor de silte.



9.3. Análise de proporção das misturas para revestimento primário do solo – ARGILA: AGREGADOS

Tabela 8. Análise dos materiais utilizados para revestimento primário do solo nas estradas rurais de Boa Esperança MG.

SITUAÇÃO	IMAGEM REPRESENTATIVA
Proporção do material	
<ul style="list-style-type: none">• 1,5:1 - predominância de pedra e mistura desagregando com facilidade.• 2,0:1 - mistura mostrou-se bem agregada, com pedras visíveis na mistura.• 2,5:1 e 3,0:1 - pedras pouco visíveis	

Umidade ideal

1º Tomar um punhado de material e faz-se uma leve pressão com os dedos sobre a palma da mão por alguns segundos:

2º Se ao abrir a mão a mistura desmanchar está seca;

3º Se a mistura estiver lamacenta está muito úmido;

4º Se a mistura ficar com a marca dos dedos está adequado o teor de umidade.



Material das cascalheiras

As proporções de agregados não são padronizadas, e em cada variação deve-se proceder a análise de proporção das misturas para revestimento primário do solo, e quando necessário, proceder a estabilização granulométrica desses materiais com a adição de outros agregados.



9.4. Principal intervenção e procedimentos operacionais

Tabela 8. Relação das principais intervenções e procedimentos operacionais realizados em Boa Esperança MG.

DESCRIÇÃO DA SITUAÇÃO	IMAGEM REPRESENTATIVA
<p>Antes da intervenção: deformações (ondulações) que aparecem na pista de rolamento das estradas, devido ação contínua do tráfego, perda de agregados finos da camada de revestimento, deficiência de suporte do material do subleito, abaulamento insuficiente e revestimento de baixa qualidade aliado a períodos longos de seca.</p>	
<p>Após a intervenção: conformação adequada da pista de rolamento, drenagem para a condução adequada das águas superficiais, colocação de revestimento primário na proporção de 2:1.</p>	
<p>1º Revestimento de 5 cm de terra vermelha</p> <p>Material de revestimento que fará o papel de suporte (resistência) e regularizar a superfície da estrada</p>	

2º Irrigação do material até o teor de umidade adequado



3º Revestimento de 5 cm da mistura 2:1 para conferir resistência e aderência.



4º Compactação

A compactação deve iniciar da lateral da estrada para o centro, reforçando as extremidades onde os carros normalmente não trafegam.

Na ausência de rolo compactador, não utilizar o pneu da motoniveladora, pois possui menos área de contato comparado ao pneu de caminhão.



9.4.1. Mistura do material para o revestimento primário das estradas

É importante que a mistura seja bem feita para uniformizar o material, pois as pedras tendem a ficar na parte de baixo da mistura. Se forem pedras maiores, utilizar menos terra para dar tração. Para realização do procedimento, seguir as etapas:

1º	2º	3º
Limpeza superficial do local para não ir sujeira no material.	Fazer os montes com a proporção indicada para o trecho.	Misturar os lotes pequenos, garantindo uma mistura bem feita, que estará pronta para ser utilizada.
		

9.4.2. Principais problemas e correção

Formação de Atoleiros	1º Drenagem da água	2º Colocação de material acima do nível, permitindo a drenagem da água durante as chuvas.
		

Costela de vaca	
------------------------	---

1º	2º	3º
Lançamento e mistura de material ligante ou substituição do revestimento.	Umedecer o solo	Compactação
		

9.5. Principais estratégias utilizadas no município

Nos trechos em que solo apresentava teor de argila satisfatório (subleito com capacidade de suporte), o agregado foi incorporado na estrada, através de escarificação com a motoniveladora, seguindo as etapas:

- 1 Escarificar (FIGURA 86).
2. Colocar o agregado trazido de fora (FIGURA 87).
3. Escarificar (FIGURA 88).
4. Molhar – (FIGURA 89).
5. Compactar (FIGURA 90).



Figura 86. Escarificação.



Figura 87. Adição de agregados.



Figura 88. Escarificação.



Figura 89. Molhamento do material.



Figura 90. Compactação do material.

De modo geral, as intervenções realizadas estão descritas e ilustradas na tabela 9.

Tabela 9. Intervenções e estratégias utilizadas para adequação das estradas de Boa Esperança MG.

ESTRATÉGIAS

Depositar o material de revestimento na área central da pista ou nos bordos, dependendo da largura da estrada, com espaçamento suficiente para se obter a espessura final desejada.

O espalhamento do material deve ter início quando houver um trecho cuja extensão atinge pelo menos 200 metros de material depositado, e deve ser realizado pela motoniveladora em toda a largura da pista (Alternadamente ao espalhamento do material e se houver necessidade, o material deverá ser irrigado pelo caminhão-tanque até que o teor de umidade esteja adequado para a compactação.

IMAGEM REPRESENTATIVA



Declividade ideal: para cada metro de pista deve ter uma inclinação de 4 cm, o que resulta em um percentual médio de 4%.

Iniciar o patrolamento no sentido dos bordos para o eixo, e do bordo interno para bordo externo no caso de curvas, mantendo-se o equipamento obrigatoriamente no lado direito do sentido do tráfego, para conseguir um perfil transversal correto.



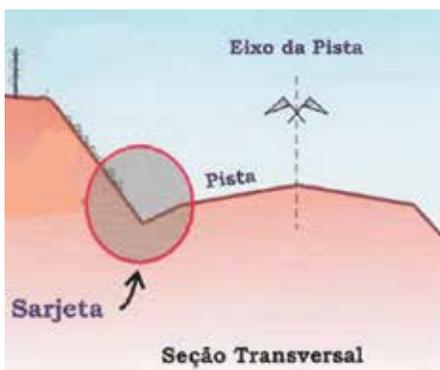
Obturação: utilizado na formação de caixa de pó, com substituição do material sem capacidade de suporte por material agregante.

Também pode ser utilizado para forração com pedras em atoleiros.



Sarjetas: executados no bordo da plataforma, objetivam a coleta das águas de escoamento superficial da pista, conduzindo-as fora da estrada.

Recomenda-se que as sarjetas sejam executadas simultaneamente às operações de conformação do leito da estrada, sendo executadas com a utilização da motoniveladora, com sua inclinação acompanhando o abaulamento da estrada.



9.6. Principais problemas observados no município durante as intervenções

Tabela 10. Principais problemas encontrados nas estradas de Boa Esperança MG.

PROBLEMA	IMAGEM REPRESENTATIVA
<p><i>Trechos trabalhados somente com cascalho:</i> pouca durabilidade, baixa eficiência técnica e alto custo, ocorrendo a perda de agregado para a lateral da estrada.</p>	
<p><i>Material com mistura irregular:</i> é importante realizar a mistura bem feita para uniformizar o material, pois as pedras tendem a ficar na parte de baixo da mistura, causando pontos escorregadios nos trechos.</p>	
<p><i>Concentração de água nas laterais da estrada:</i> A utilização do caminhão pipa para umedecer a mistura do revestimento primário deve priorizar água no meio da estrada e não nas laterais das estradas, fazendo o ajuste necessário no caminhão pipa para obter melhor aproveitamento da água.</p>	

Distribuição irregular de água: na passagem do caminhão pipa para umidificar a camada do revestimento primário, o serviço não ficou uniforme, apresentando pontos mais secos que comprometerão a durabilidade do serviço.

A consequência são trechos com estrias, trepidações e material solto nas estradas.



Equipamento utilizado na compactação: na utilização do caminhão pipa para compactar os trechos, no lugar do rolo compactador, na primeira chuva aparece uma “laminha”, antes de aparecer o cascalho, causando insegurança aos motoristas. Na finalização com a motoniveladora, passar a lâmina deitada, diminuiu esta ocorrência.



Mau posicionamento da lâmina da motoniveladora: o trabalho com a lâmina posicionada de forma inadequada dificulta a caída e direcionamento das águas da chuva para as canaletas.



Construção irregular da bacia de contenção de água de chuva: na abertura das bacias de contenção, houve rompimento na lateral, que poderia ter sido evitado, se utilizado a parte estabilizada da bacia, que é a parte abaixo do nível da terra firme na captação da água.



Conformação da pista de rolamento

Inclinação abaixo da declividade ideal: favorece o aparecimento de depressão e irregularidades.

Inclinação acima da declividade ideal: transmite ao motorista sensação de insegurança o que tende a levá-lo a trafegar na faixa central da plataforma.

Para cada metro de pista devemos ter uma inclinação de 4 cm, o que resulta em um percentual médio de 4%, sendo em solo arenoso menor inclinação e solo argiloso maior inclinação.



Drenagem deficitária: falta de direcionamento das águas das chuvas para as bacias de contenção, prejudicando a conservação das estradas.



9.7. Estimativa de custos e rendimento operacional

Tabela 11. Custo de aquisição de equipamentos.

Item	Equipamento	Quantidade	Valor unitário*	Valor total
1	Motoniveladora	1	R\$ 1.100.000,00	R\$ 1.100.000,00
2	Escavadeira hidráulica	1	R\$ 800.000,00	R\$ 800.000,00
3	Trator pneu 4x4	1	R\$ 200.000,00	R\$ 200.000,00
4	Pá carregadeira	1	R\$ 650.000,00	R\$ 650.000,00
5	Retroescavadeira	1	R\$ 480.000,00	R\$ 480.000,00
6	Caminhão caçamba truck	3	R\$ 500.000,00	R\$ 1.500.000,00
7	Caminhão pipa	1	R\$ 270.000,00	R\$ 270.000,00
8	Veículo de apoio	1	R\$ 120.000,00	R\$ 120.000,00
9	Roçadeira articulada	1	R\$ 50.000,00	R\$ 50.000,00
TOTAL				R\$ 6.170.000,00

*Referência ano 2023/2024, valores médios de diferentes fabricantes.

Tabela 12. Custo mensal com aquisição de combustível (22 dias úteis, 6 horas trabalhadas por dia).

Item	Equipamento	Quantidade	Valor unitário combustível	Valor total*
1	Motoniveladora	1.716	R\$ 5,80	R\$ 9.952,80
2	Escavadeira hidráulica	2.376	R\$ 5,80	R\$ 13.780,80
3	Trator pneu 4x4	792	R\$ 5,80	R\$ 4.593,60
4	Pá carregadeira	2.200	R\$ 5,80	R\$ 12.760,00
5	Retroescavadeira	1.056	R\$ 5,80	R\$ 6.124,80
6	3 Caminhões caçamba truck	2262	R\$ 5,80	R\$ 13.119,60
7	Caminhão pipa	754	R\$ 5,80	R\$ 4.373,20
8	Veículo de apoio	440	R\$ 5,80	R\$ 2.552,00
TOTAL				R\$ 67.256,80

* Referência de consumo médio: motoniveladora 13 L/h em 6h/dia; escavadeira hidráulica 18 L/h em 6h/dia; trator 6 L/h em 6h/dia; pá carregadeira 20 L/h em 5h/dia devido tempo gasto retirada material; retroescavadeira 8 L/h em 6 h/dia fazendo 2 bolsões/dia ou manutenção 4 bolsões/dia; caminhão deslocamento de 20 Km/h, 6h/dia e rendimento de 3,5 Km/L; veículo deslocando 200Km/dia em 6h/dia e rendimento de 10Km/L)

Tabela 13. Custo com recursos humanos.

Item	Descrição	Quantidade (salários)	Valor mensal (R\$)	Valor anual (R\$) *
1	Operador de Motoniveladora	4,5	6.390,00	83.070,00
2	Operador de Escavadeira hidráulica	3,5	4.970,00	64.610,00
3	Operador de Pá carregadeira	2,5	3.550,00	46.150,00
4	Operador de Trator	2,0	2.840,00	36.920,00
5	Operador de retroescavadeira	2,0	2.840,00	36.920,00
6	Motorista de caminhão	2,0	11.360,00	147.680,00
7	Ajudante operacional	1,5	2.130,00	27.690,00
8	Assistente administrativo	1,5	2.130,00	27.690,00
9	Encarregado de manutenção	3,5	4.970,00	64.610,00
		TOTAL	R\$	535.340,00

* Referência de valor do salário mínimo ano de 2024: R\$1.420,00, foi considerado o 13º salário.

Tabela 14. Custo operacional.

Item	Descrição	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Mensal (R\$)	Valor anual (R\$)
1	Diária	10	258,00	2.580,00	30.960,00
2	Material de expediente	1	500,00	500,00	6.000,00
3	Reparo e manutenção mecânica	1	50.000,00	50.000,00	600.000,00
4	Combustível	11.596 L	5,80	67.256,80	807.081,60
		TOTAL			R\$ 1.444.041,60

Tabela 15. Custo consolidado de investimento no 1º ano

Tabela 15. Custo consolidado de investimento no 1º ano

Item	Descrição	Investimento (R\$)	Valor mensal (R\$)	Valor total (R\$)
1	Aquisição de equipamentos*	6.170.000,00	-	1.234.000,00
3	Recursos humanos	-	41.180,00	535.340,00
6	Regularização cascalheiras*	R\$ 20.000,00	-	R\$ 2.000,00
		TOTAL		R\$ 1.771.340,00

*Regularização de 01 cascalheira, com serviços e taxas inclusos no valor e validade de 10 anos.

** Foi considerada vida útil de 05 anos dos implementos.

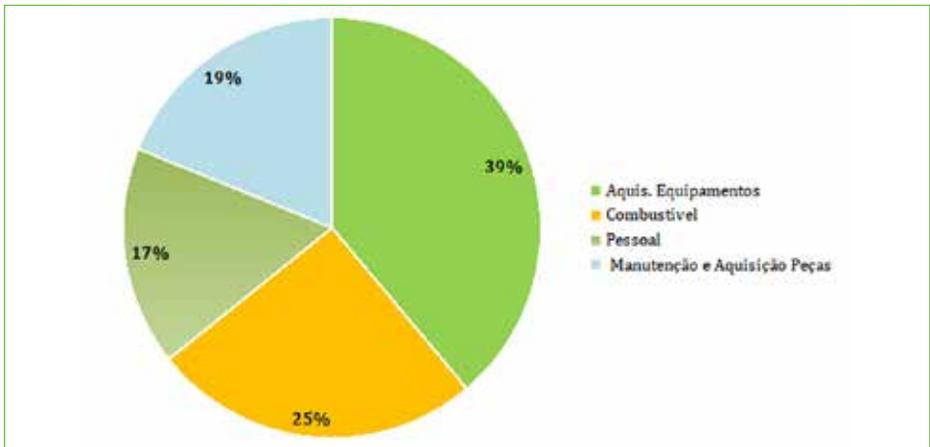


Gráfico 1. Distribuição da composição do custo do primeiro ano de implantação do projeto.

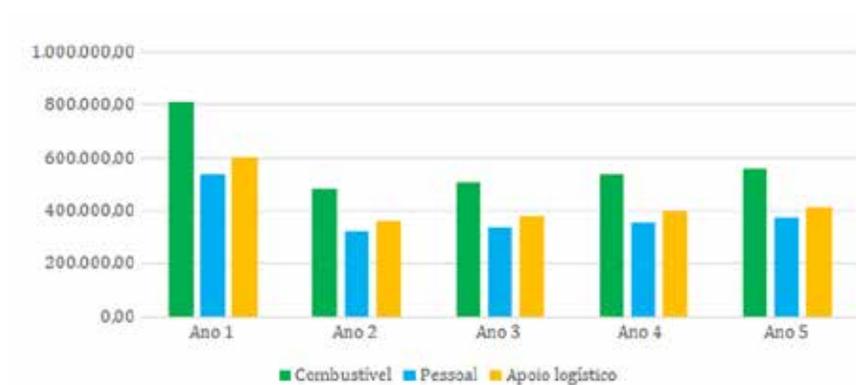


Gráfico 2. Estimativa de custeio do projeto nos cinco primeiros anos de sua implantação.

Os resultados encontrados no estudo de caso do município de Boa Esperança–MG mostram uma redução de até 40% dos custos, comparados ao primeiro ano que foi feito o revestimento primário nos pontos críticos. A partir do 2º ano, as operações são mais rápidas. A estimativa da durabilidade do serviço de revestimento primário é de 5 anos, desde que feita as manutenções periódicas necessárias em cada trecho.

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Adequação e conservação de estradas rurais são processos contínuos e interligados que visam assegurar a qualidade e a eficiência da infraestrutura viária rural, promovendo a mobilidade, o desenvolvimento socioeconômico e a preservação ambiental nas áreas rurais.

Com o intuito de oferecer diretrizes valiosas para os profissionais envolvidos no manejo integrado de solos e águas, incluindo a adequação e conservação de estradas rurais, estas considerações visam proporcionar uma compreensão abrangente da problemática da erosão. Além de prejudicar a fertilidade do solo e contaminar os recursos hídricos, a erosão representa um sério desafio ambiental que impacta negativamente os agricultores e as finanças municipais e estaduais.

Ao direcionar recursos para medidas paliativas de controle de erosão nas estradas, há um desvio de investimentos que poderiam ser aplicados em áreas cruciais como saúde, educação e lazer, beneficiando toda a comunidade. Este documento não visa esgotar o assunto, mas sim fornecer uma base sólida para a implementação de práticas sustentáveis e a preservação dos recursos naturais em nosso meio rural.

REFERÊNCIAS

ACRA, Aloysio Miguel. Construção de Bacias de Captação na região de Batatais-SP, 1985.

BOLETIM TÉCNICO – CATI - Controle de Erosão em estradas Rurais Campinas: CATI, n.207, janeiro 1992.

Gonçalves, E. S. (2021). Desafios e perspectivas da manutenção de estradas vicinais no Brasil. Anais do Seminário Nacional de Infraestrutura de Transportes, 8(2), 150-165.

Lima, C. A. et al. (2019). Capacitação técnica de equipes de conservação de estradas vicinais: um estudo de caso em Minas Gerais. Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia de Transportes, 6(1), 200-215.

Oliveira, A. B. (2019). Impactos da infraestrutura de transporte na agricultura familiar: uma análise das estradas vicinais no estado do Pará. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Pará.

Oliveira, L. M., & Costa, J. A. (2018). Técnicas de conservação de solos e águas aplicadas em estradas vicinais. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, 7(3), 80-95.

Oliveira, R. S. et al. (2019). Controle da erosão do solo em estradas vicinais: técnicas e práticas recomendadas. Anais do Congresso Brasileiro de Conservação do Solo, 8(1), 80-95.

Pereira, A. L., & Almeida, M. J. (2020). Impactos ambientais da construção de estradas vicinais: uma revisão da literatura. Revista Brasileira de Engenharia Ambiental, 11(2), 100-115.

Pereira, L. S. (2021). Manejo ambiental de estradas rurais: diretrizes para uma gestão sustentável. Editora Nova Terra.

Santos, M. C. (2018). A importância das estradas vicinais para o acesso a serviços básicos em áreas rurais: o caso do município de Alegre, Espírito Santo. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Espírito Santo.

Santos, R. S. et al. (2020). Importância da manutenção preventiva na conservação de estradas vicinais. Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia Civil, 5(1), 120-135.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C.; SHIMIZU, S. H. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 6. ed. revista e ampliada. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013, 100 p.

Silva, J. R., et al. (2020). Desenvolvimento rural sustentável: o papel das estradas vicinais na promoção da agricultura familiar. *Revista Brasileira de Desenvolvimento Regional*, 7(2), 50-65.

Silva, A. P., & Oliveira, F. C. (2019). Boas práticas de conservação de estradas vicinais: um estudo de caso no município de Dourados, MS. *Revista Brasileira de Engenharia Rural*, 10(2), 45-60.

Silva, L. M., & Santos, F. A. (2018). Gestão de resíduos sólidos em obras de estradas vicinais: desafios e oportunidades. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental*, 9(3), 150-165.

Smith, J. R., Brown, A. B., & Johnson, C. D. (2018). *Georeferencing: A Practical Guide*. John Wiley & Sons.

ANEXO - GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS

Abaulamento: inclinação da seção transversal tipo, a partir do eixo da estrada, cujo objetivo é o de permitir o rápido escoamento das águas superficiais que contribuem à pista de rolamento para fora da plataforma.

Adequação: Refere-se aos procedimentos e obras realizados para adaptar a estrada às necessidades de tráfego e às condições ambientais locais. Isso pode incluir a correção de curvas perigosas, a ampliação da largura da pista, a instalação de dispositivos de drenagem, entre outras medidas. A adequação visa garantir que a estrada atenda aos padrões técnicos estabelecidos para o seu uso, proporcionando segurança e conforto aos usuários.

Agregados: termo utilizado para designar materiais oriundos de jazidas ou artificialmente produzidos e inertes à ação da água; (exemplo de agregados naturais cascalho e brita).

Assoreamento: O assoreamento é um processo natural ou provocado pela ação humana que consiste no acúmulo de sedimentos nos corpos d'água, como rios, lagos e represas. Esses sedimentos, formados por areia, argila, rochas e matéria orgânica, são transportados pela água e então depositados no leito dos cursos d'água.

Agulhamento: Técnica empregada para incorporação ao subleito de materiais granulares com o objetivo de elevar sua capacidade de suporte e melhorar as condições de rolamento da pista;

Bacias de retenção: dispositivos implantados ao longo das estradas, cujo objetivo é o de armazenar as águas de drenagem superficial, impedindo que o seu escoamento prolongado possa provocar efeitos erosivos à plataforma das estradas e /ou áreas marginais.

Barragens de contenção: estrutura em um curso permanente ou temporário de água para fins de sua contenção.

Conservação: Envolve ações preventivas e corretivas destinadas a preservar as características físicas e funcionais da estrada ao longo do tempo. Isso inclui a realização de reparos pontuais, o controle de erosão, a limpeza de dispositivos de drenagem, a poda de vegetação, entre outras atividades. A conservação visa evitar o surgimento de danos e a deterioração da infraestrutura viária, prolongando sua vida útil e reduzindo custos de manutenção a longo prazo.

Greide: perfil do eixo da pista, referido à superfície acabada da estrada. Quando o perfil do eixo for referido à plataforma terraplenada, é especificado como greide de terraplenagem.

Leito da estrada: é a camada de base sobre a qual o pavimento é construído. É fundamental para garantir a durabilidade e a segurança da estrada, podendo ser o solo natural ou uma camada de material compactado, como cascalho, que fornece suporte e estabilidade.

Manutenção: consiste na execução regular de atividades de reparo e reabilitação da estrada, visando manter sua operacionalidade e segurança. Isso pode incluir a reposição de materiais de revestimento, o recapeamento de trechos desgastados, a correção de buracos, a sinalização viária, entre outras ações. A manutenção é essencial para garantir a funcionalidade da estrada e minimizar impactos negativos sobre o tráfego e a segurança dos usuários.

Material Ligante: referir a um material que tem a função de unir os componentes de uma mistura, conferindo-lhe coesão e resistência, como exemplo a argila vermelha.

Pista de rolamento: faixas da plataforma destinada à circulação de veículos.

Revestimento primário: camada que recebe diretamente a ação de rolamento dos veículos que trafegam nas estradas não pavimentadas e se destina a prover a superfície da pista de condições tais que permitam o livre trânsito.

Saibro: produto resultante da decomposição incompleta de rochas graníticas, formando uma mistura de material fino e grosseiro.

Sarjeta: refere-se ao escoadouro das águas pluviais em estradas que beiram as o meio-fio (ou guia); idealmente, a sarjeta deve estar num nível mais baixo que o leito carroçável para conduzir a água até seu destino final.

Talude: face do corpo-estrada que se estende além dos bordos da plataforma, sua inclinação sobre a horizontal denomina-se inclinação do talude.

Terraço: porções de solo dispostas em nível em relação ao declive do terreno, cuja finalidade é a de fragmentar o comprimento de rampa, possibilitando a redução da velocidade da água e subdividindo o volume do deflúvio superficial para possibilitar sua infiltração no solo, ou disciplinar o seu escoamento até um leito estável de drenagem natural.





EMATER
Minas Gerais

AGRICULTURA,
PECUÁRIA E
ABASTECIMENTO



**MINAS
GERAIS**

GOVERNO
DIFERENTE.
ESTADO
EFICIENTE.

CIÊNCIAS AGRÁRIAS