



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

MÁRCIO ANJOLETE

**METODOLOGIA PARA SELEÇÃO DE LOCAIS E AÇÕES DE
CONSERVAÇÃO DE SOLO E ÁGUA NO ALTO CURSO DO RIO
SANTO ANASTÁCIO**

Presidente Prudente

2022

MÁRCIO ANJOLETE

**METODOLOGIA PARA SELEÇÃO DE LOCAIS E AÇÕES DE
CONSERVAÇÃO DE SOLO E ÁGUA NO ALTO CURSO DO RIO
SANTO ANASTÁCIO**

Dissertação de Mestrado Profissional apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual Paulista FCT Presidente Prudente, para a obtenção do título de Mestre em Ciências, área de concentração, Recursos Hídricos e Meio Ambiente

Orientador: Prof. Dr. Antônio Cezar Leal

Presidente Prudente

2022

A599m Anjolete, Marcio
Metodologia para seleção de locais e ações de conservação de solo e água no alto curso do rio Santo Anastácio / Marcio Anjolete. -- Presidente Prudente, 2022
142 p. : il., tabs., fotos + projeto

Dissertação (Mestrado profissional - Geografia Profissional) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente
Orientador: Antônio Cezar Leal

1. Produtor de Água. 2. Conservação de solo e água. 3. Estradas rurais. 4. Projeto e obra de estrada rural de terra. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Presidente Prudente

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: METODOLOGIA PARA SELEÇÃO DE LOCAIS E AÇÕES DE CONSERVAÇÃO DE SOLO E ÁGUA NO ALTO CURSO DO RIO SANTO ANASTÁCIO

AUTOR: MARCIO ANJOLETE

ORIENTADOR: ANTONIO CEZAR LEAL

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências, área: Recursos Hídricos e Meio Ambiente pela Comissão Examinadora:



Assinado de forma digital por
Antonio Cezar Leal06316223811
Dados: 2022.09.04 18:20:20
-03'00'

Prof. Dr. ANTONIO CEZAR LEAL (Participação Virtual)
Departamento de Geografia / Unesp/FCT - Câmpus de Presidente Prudente

Prof. Dr. EDSON LUÍS PIROLI (Participação Virtual)
Coordenadoria Executiva / Unesp/FCTE - Câmpus de Ourinhos

Prof. Dr. DIEGO HENRIQUES DOS SANTOS (Participação Virtual)
Departamento de Planejamento / IDAM – Instituto de Desenvolvimento Agropecuário e Florestal Sustentável do Estado do Amazonas

Presidente Prudente, 29 de julho de 2022

Dedico este trabalho a minha família e a todos os que diariamente se dedicam, mesmo que indiretamente, aos trabalhos de conservação de solo e água.

AGRADECIMENTOS

Muitos foram os que colaboraram para a realização deste trabalho, manifesto a todos a minha gratidão, em especial para:

Aos meus pais Norberto e Ivete por ter desde sempre incentivado o respeito e a busca por um ambiente equilibrado e ter implantado a noção de que o ambiente deve ser respeitado por todos.

A minha esposa Alessandra pelo apoio.

Ao Igor Cabreira e aos membros da secretaria de Meio Ambiente de Presidente Prudente pela colaboração.

Ao meu irmão Norberto Anjolet Junior pelo incentivo e pelo tempo com aulas particulares de AutoCAD e TopoEVN.

A todos os professores e funcionários do Programa de Pós-graduação em geografia da FCT/UNESP.

Ao Professor Dr. Edson Luís Piroli e a Professora Dra. Renata Ribeiro de Araújo pela participação na banca do exame de qualificação, no qual fizeram importantes contribuições para o desenvolvimento do trabalho.

Um agradecimento especial ao amigo Dr. Diego Henriques do Santos pela indicação do curso de mestrado, por ter apontados as pedras do caminho, pelos vários momentos de suporte e orientações sobre a vida acadêmica.

E por fim, dedico um agradecimento especial ao Professor Dr. Antônio Cezar Leal pela orientação, paciência, motivação e contribuição para a conclusão deste trabalho.

RESUMO

O problema da erosão hídrica do solo na região do Pontal do Paranapanema demanda aos gestores públicos da região, especialmente de Prefeituras Municipais e Comitês de bacias Hidrográficas, a busca de alternativas técnicas que viabilizem investimentos financeiros para o enfrentamento do problema. O programa Produtor de Água da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, apresenta-se como uma fonte de investimento em conservação do solo e da água, ao mesmo tempo que permite o envolvimento da comunidade. Todavia, o programa exige um trabalho qualificado em todas as suas etapas, com o cumprimento de requisitos e metas muito específicas, sobretudo quanto a escolha dos locais e a realização dos projetos de conservação de solo. Nesse contexto, o objetivo desta pesquisa de mestrado profissional foi colaborar para a elaboração de projetos técnicos para o Programa Produtor de Água de Presidente Prudente apresentando um estudo de um recorte da bacia hidrográfica do manancial do alto curso do rio Santo Anastácio que resultou na seleção de locais com melhor potencial para receber investimentos em conservação do solo e água. Também foi apresentado o projeto para a recuperação de trecho de estrada deteriorada no local. Para a elaboração do estudo foram realizadas revisão bibliográfica, atividades de campo e reuniões com equipe técnica das instituições envolvidas, permitindo rápido entendimento dos diversos aspectos dos projetos. Uma vez selecionadas as áreas, foram realizados os projetos básicos que descrevem as ações, as etapas, características técnicas e os custos para o controle das erosões por sistema de terraceamento. Os resultados foram apresentados à Prefeitura Municipal de Presidente Prudente para subsidiar a elaboração de projetos executivos a serem implementados na bacia hidrográfica do manancial, na perspectiva de contribuir para a segurança hídrica do abastecimento de água da cidade.

Palavras-chave: 1. Conservação de solo e águas. 2. Adequação de estradas rurais. 3. Terraceamento. 4. Programa Produtor de Água. 5. Rio Santo Anastácio.

ABSTRACT

The problem of soil water erosion in the Pontal do Paranapanema region demands that public managers in the region, especially City Halls and River Basin Committees, search for technical alternatives that enable financial investments to face the problem. The Produtor de Água program of the Agência Nacional de Água e Saneamento básico presents itself as a source of investment in soil and water conservation, while allowing community involvement. However, the program requires qualified work in all its stages, with the fulfillment of very specific requirements and goals, especially regarding the choice of sites and the carrying out of soil conservation projects. In this context, the objective of this professional master's research was to collaborate in the elaboration of technical projects for the Produtor de Água Program of Presidente Prudente, presenting a study of a cutout of the hydrographic basin of the source of the upper course of the Santo Anastácio river, which resulted in the selection of places with the best potential to receive investments in soil and water conservation. The project for the recovery of a deteriorated road section at the site was also presented. For the preparation of the study, a bibliographical review, field activities and meetings with the technical team of the institutions involved were carried out, allowing a quick understanding of the different aspects of the projects. Once the areas were selected, the basic projects were carried out, describing the actions, steps, technical characteristics and costs for controlling erosion using a terracing system. The results were presented to the City Hall of Presidente Prudente to support the elaboration of executive projects to be implemented in the hydrographic basin of the source, with a view to contributing to the water security of the city's water supply.

Keywords: 1. Soil and water conservation. 2. Adaptation of rural roads. 3. Terracing. 4. Water Producer Program. 5. Santo Anastácio River.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - divisão hidrográfica do estado de são paulo, divisão hidrográfica do estado de são paulo	20
Figura 2 - Bacia do alto manancial do Rio Santo Anastácio.....	22
Figura 3 - Isoietas de chuvas máximas diárias para períodos de retorno de 10 anos em milímetros	50
Figura 4 – Perfil transversal da pista de rolamento (abaulamento)	67
Figura 5 - Espaçamentos obtidos por Griebeler et al. (2005) considerando declividades do canal de 5 e 10 % e um aprofundamento máximo (apm) de 5 cm.....	69

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Caracterização da UGRHI 22	21
Quadro 2 - Características dos terraços.....	41
Quadro 3 – Constantes K para as equações de espaçamentos de terraços para tipos de solo do estado de São Paulo.....	44
Quadro 4 – Agrupamento de solos segundo suas qualidades, características e resistência à erosão e seus respectivos índices	47
Quadro 5 – Grupo de culturas e seus respectivos índices.	48
Quadro 6 - Índice de preparo do solo e manejo de restos culturais com seus respectivos índices	48
Quadro 7 – Coeficiente (c) de enxurrada para diferentes solos, usos e manejos	51
Quadro 8 - Abaulamento máximo e mínimo em função da declividade da rampa. ...	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Espaçamentos de terraços em base larga para culturas anuais.	45
Tabela 2 - Espaçamento entre terraços para $(u+m)/2$ igual a 1,00.	49
Tabela 3 – Valores para os terraceamento das áreas selecionadas.....	79
Tabela 4 - Custos previstos para o terraceamento.....	80
Tabela 5 – Orçamento das etapas de adequação da estrada conforme SINAPI	80

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
AAFFSJ	Associação de Agricultores Familiares da Fazenda São José
APP	Áreas de Preservação Permanente
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
CAIXA	Caixa Econômica Federal
CATI	Coordenadoria de Assistência Técnica Integral.
CBH-PP	Comitê da Bacia Hidrográfica do Pontal do Paranapanema
CBRN	Coordenadoria de Biodiversidade e Recursos Naturais
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CODASP	Companhia de desenvolvimento agrícola de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica
DER	Departamento de estradas de rodagem
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
PERH	Política Estadual de Recursos Hídricos
PMPP	Prefeitura Municipal de Presidente Prudente
PPSA	Programa de Pagamento por Serviços Ambientais
PPGG-MP	Programa de Pós-graduação em Geografia – Mestrado Profissional
PSA	Pagamento por Serviços Ambientais
SABESP	Saneamento Básico de São Paulo
SEMEA	Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Presidente Prudente
SIGRH	Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
TAC	Termo de Ajustamento de Conduta
TCRA	Termo de Compromisso de Recuperação Ambiental
UGRHI	Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos
UGRHI-PP	Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Pontal do Paranapanema
UNESP	Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	14
2.1 A água como recurso e a sua disponibilidade.....	14
2.2 A Política Nacional de Recursos Hídricos	15
2.3 Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA.....	18
2.4 Comitê da Bacia Hidrográfica do Pontal do Paranapanema	19
2.5 A bacia hidrográfica do manancial do alto curso do rio Santo Anastácio	21
2.6 O Programa Produtor de Água.....	23
2.7 O programa Produtor de Água e a Prefeitura Municipal de Presidente Prudente (PMPP)	25
2.8 Conservação do solo e da água.....	27
2.8.1 Processos erosivos.....	27
2.8.1.1 Chuva	29
2.8.1.2 Infiltração	29
2.8.1.3 Topografia do terreno	30
2.8.1.4 Natureza do solo.....	31
2.8.1.5 Cobertura vegetal	32
2.8.2 Formas de erosão hídrica	32
2.8.2.1 Erosão pelo impacto da chuva.....	32
2.8.2.2 Erosão laminar.....	33
2.8.2.3 Erosão em sulcos	33
2.8.2.4 Erosão da fertilidade do solo	34
2.8.3 Consequências dos processos de erosão hídrica	34
2.8.4 Conservação do solo	35
2.8.4.1 Práticas vegetativas.....	35
2.8.4.2 Práticas edáficas.....	37
2.8.4.3 Plantio direto na palha	37
2.8.4.4 Práticas mecânicas.....	38
2.9 O terraceamento como prática mecânica de conservação do solo	38
2.9.1 Construção de terraços.....	39
2.9.2 Escolha do tipo de terraço	40

2.9.3 Dimensionamento de terraços	43
2.9.3.1 Determinação do espaçamento entre terraços	43
2.9.3.2 Determinação das dimensões dos canais	50
2.9.4 Considerações sobre a construção dos terraços	53
2.10 Conservação e recuperação de estradas rurais.....	53
2.10.1 As estradas rurais	53
2.10.2 Principais características das estradas rurais de terra.....	55
2.10.3 Problemas em estradas rurais de terra.....	56
2.10.4 Definições quanto as intervenções	57
2.10.5 Informações sobre a estrada	57
2.10.6 Adequação de estradas rurais de terra.....	60
2.10.6.1 Etapa de elaboração de projeto	60
2.10.6.2 Etapa de execução da obra	62
2.10.7 Cálculos e dimensionamentos do projeto de estradas rurais de terra .	65
2.10.7.1 Dimensionamento da plataforma da estrada	65
2.10.7.2 Dimensionamento da faixa de trabalho.....	66
2.10.7.3 Dimensionamento do abaulamento da pista de rolamento da estrada	67
2.10.7.4 Dimensionamento das distâncias entre camalhões (lombadas) e/ou terraços.....	68
2.10.7.5 Dimensionamento das estruturas de armazenamento (terraços)	70
2.10.7.6 Cálculo da composição do revestimento primário.....	71
3 METODOLOGIA.....	73
4 RESULTADOS	79
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	81
REFERÊNCIAS.....	83
APÊNDICE A – PLANILHA DE LEVANTAMENTO DE CAMPO	88
APÊNDICE B – CÁLCULO DAS DECLIVIDADES MÉDIAS PARA AS ÁREAS SELECIONADAS	91
APÊNDICE C - PROJETO DE TERRACEAMENTO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SANTO ANASTÁCIO	96
APÊNDICE D - PROJETO DE ADEQUAÇÃO DE ESTRADA RURAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SANTO ANASTÁCIO	119

1 INTRODUÇÃO

Estudos técnicos e investimentos aplicados ao desenvolvimento de projetos que visam à conservação de solo e água em zonas rurais, seja no entorno de centros urbanos ou de locais mais afastados, podem contribuir para economia de recursos públicos ou privados e propiciar segurança hídrica e benefícios às comunidades e aos ecossistemas, especialmente no contexto de mudanças climáticas globais e crises hídricas que vem ocorrendo no país, especialmente no sudeste brasileiro.

É possível enumerar os diversos benefícios desses estudos e investimentos. Água com mais qualidade, maior quantidade e diversidade de espécies aquáticas, solo mais fértil, menor necessidade de insumos agrícolas, melhor umidade no solo e maior biodiversidade são alguns dos benefícios de se fazer conservação de solo e de água.

E se estes estudos e investimentos propiciarem uma estrada rural de boa qualidade? Uma estrada disponível e permita o trânsito em qualquer época do ano, que tenha uma alta capacidade de suporte, que tenha fácil e barata manutenção? E se propiciarem também propriedades rurais eficientes e ambientalmente sustentável?

Entretanto, projetos nos quais os benefícios hoje parecem óbvios somente são possíveis após um longo curso de aprendizado da sociedade, definição de prioridades baseadas em uma nova visão de Natureza, baseadas no respeito à sua dinâmica e ciclos, sem visão predatória dos seus recursos. Destinar recursos financeiros a este tipo de investimento em um país onde existe uma grande quantidade de problemas sociais urgentes nem sempre é fácil, mas é fundamental, especialmente quando se envolve abastecimento de água para cidades, e apenas é possível quando esta sociedade desenvolve novo entendimento da sua relação com a Natureza, e que saiba como os impactos (positivos e negativos) das ações antrópicas causam ao meio ambiente, de forma mais ampla, e à suas vidas de forma direta.

Na esteira desta nova visão da sociedade é que surge o programa Produtor de água da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), permitindo investimentos através de técnicas e engenharias que visam promover a melhoria significativa da qualidade da água, com uma abordagem participativa das

comunidades envolvidas, promovendo mudança cultural e gerando vantagens a curto e longo prazo a essas comunidades.

O caráter técnico e participativo do programa Produtor de água, demanda uma equipe técnica multidisciplinar por parte dos tomadores dos recursos de forma a atender aos requisitos do programa em todos seus aspectos, seja no que diz respeito à gestão, à comunicação, à escolha do local e às medidas propostas para propiciar a produção da água. Mesmo equipes eficientes e qualificadas podem encontrar dificuldades diversas no desenvolvimento de propostas e na execução do programa, sobretudo pela falta de experiências anteriores ou pelas especificidades dos assuntos abordados.

De forma a dirimir parte destas dificuldades, foi realizada pesquisa de mestrado junto ao Programa de Pós-graduação em Geografia – Mestrado Profissional (PPGG-MP), área de concentração em Recursos Hídricos e Meio Ambiente, na perspectiva de apresentar projetos de intervenções para conservação de solo e água para uma área da Associação de Agricultores Familiares da Fazenda São José (AAFFSJ), localizada na bacia hidrográfica do manancial do alto curso do rio Santo Anastácio, e que é foco do Programa Produtor de Água de Presidente Prudente. Os projetos de conservação de solo e água abordam a conservação de solo pelo método mecânico de terraceamento, e de adequação de estradas rurais de terra, esses métodos estão assentadas em técnicas reconhecidas pela ANA, por instituições de assistência técnicas rurais e apoiadas por importante bibliografia técnica.

Nesse contexto, o estudo realizado visou a apresentar o método para seleção dos locais e o dimensionamento das estruturas de captação e infiltração da água necessários para a conservação do solo e da água, as dimensões das estruturas também são fundamentais para o orçamento financeiro dos trabalhos a serem realizados pela Prefeitura Municipal de Presidente Prudente, financiados pela ANA e com apoio dos Comitês das Bacias Hidrográficas do Rio Paranapanema (CBH-Paranapanema) e do Pontal do Paranapanema (CBH-PP) e da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP, por meio do programa de mestrado supracitado.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A água como recurso e a sua disponibilidade

Apesar de haver abundância de água na superfície de nosso planeta, apenas uma pequena quantidade está disponível para o consumo humano, é cada vez mais comum a ocorrência de crises e conflitos por falta de disponibilidade deste recurso tão importante. Apesar do Brasil dispor de abundante quantidade da água doce disponível, já começa a surgir em nosso território crises decorrentes da disponibilidade da oferta de água. A crescente utilização pela agricultura de commodities, a disponibilidade geograficamente desigual, a alternância de períodos secos mais severos com períodos curtos de chuvas, somados aos danos que a ocupação humana causa aos corpos hídricos a que estão inseridos, estão entre os fatores que afetam a disponibilidade da água e colocam sob pressão os usuários, exigindo gestão eficiente e uso responsável deste recurso. Frente as incertezas causadas pela ação do homem no ambiente, a preservação e recuperação dos recursos hídricos disponíveis sobretudo para o consumo humano torna-se cada vez mais urgente. Tendo como objetivo a melhor gestão dos recursos hídricos, surgem nos anos 90 legislações modernas sobre o tema, a qual podemos destacar a lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH (BRASIL, 1997).

O estado de São Paulo que já contava com uma política estadual de recursos hídricos estabelecida desde 1991 pela lei 7.663 (SÃO PAULO, 1991), estabelece também em 1997 as diretrizes e normas para a proteção e recuperação das bacias hidrográficas dos mananciais de interesse do estado através da Lei nº 9.866, de 28 de novembro de 1997 (SÃO PAULO, 1997). Esta lei apresenta-se como uma ferramenta para que os comitês de bacias do estado possam estabelecer regras restritivas para as atividades em bacias de mananciais de interesse, sobretudo para o abastecimento humano.

É importante entender que a disponibilidade de água diz respeito não só a quantidade, mas também a qualidade. Heller e Pádua (2010, p. 152) mencionam que “devido à multiplicidade de aplicações da água nas diversas atividades humanas, o

conceito de qualidade da água precisa ser relativizado, em função do uso a que se destina”.

Um exemplo deste conceito pode ser observado na resolução CONAMA N° 357, de 17 de março de 2005 (BRASIL, 2005) que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Nela são apresentadas referências de qualidade conforme as utilizações possíveis. Desta forma é possível a classificação do corpo hídrico conforme o enquadramento ao padrões que ele apresenta.

Quando se deseja a maior disponibilidade de água para o consumo humano, os aspectos da qualidade da água, seja eles físicos, químicos ou biológicos deve estar livres de contaminações ou poluições. Heller e Pádua (2010) definem poluição como sendo:

Do ponto de vista sanitário, considera-se poluição a alteração das propriedades físicas, químicas, radiológicas ou biológicas naturais do meio ambiente e (ar, água e solo), causada por qualquer forma de energia ou por qualquer substância sólida, líquida ou gasosa, ou combinação de elementos, em níveis capazes de, direta ou indiretamente: a) ser prejudiciais à saúde, à segurança e ao bem-estar das populações; b) criar condições inadequadas para fins domésticos, agropecuários, industriais e outros, prejudicando assim as atividades sociais ou econômicas; ou c) ocasionar danos relevantes à fauna, à flora e a outros recursos naturais. (HELLER; PÁDUA, 2010, p. 152)

Portanto quando se pretende que um manancial esteja disponível para o abastecimento urbano, é imprescindível desenvolver medidas na bacia que preservem as condições naturais da bacia.

2.2 A Política Nacional de Recursos Hídricos

A lei N° 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH veio para nortear a gestão das águas no país. Ela estabelece, entre seus fundamentos, que a água é um bem de domínio público, que é um recurso natural limitado e dotado de valor econômico. Dentre os objetivos da

PNRH está o de “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos”. (BRASIL,1997).

Quanto aos usos da água, em geral são divididos em dois grandes grupos conforme apresentados:

Usos consuntivos: São aqueles que alteram substancialmente a quantidade de água disponível para outros usuários. Podemos citar como exemplo a irrigação, o consumo por certos tipos de indústrias e o abastecimento humano.

Usos não consuntivos: São atividades que alteram pouco a quantidade de água disponível, mas pode alterar significativamente a sua qualidade. Podemos citar como exemplos a geração de energia elétrica, a diluição de efluente, a navegação e a recreação. (POLETO, 2014, p.30)

A lei também estabeleceu que em usos múltiplos, onde exista a situação de escassez, tornam-se prioridade o uso para abastecimento humano e dessedentação de animais.

Os fundamentos a que se baseiam a PNRH são:

- I - a água é um bem de domínio público;
 - II - a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;
 - III - em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;
 - IV - a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;
 - V - a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;
 - VI - a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.
- (BRASIL,1997)

A lei das águas, como foi denominada a lei 9433/97 estabeleceu os instrumentos de gestão dos recursos hídricos, dentre os quais, os Planos de Recursos Hídricos, estes são documentos que definem a agenda dos recursos hídricos de uma região, nele incluem informações sobre ações de gestão, projetos, obras e investimentos prioritários. Além disso os planos fornecem dados atualizados que são disponibilizadas para a sociedade.

Os instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos são:

- I - os Planos de Recursos Hídricos;
- II - o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água;
- III - a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos;
- IV - a cobrança pelo uso de recursos hídricos;
- V - a compensação a municípios;
- VI - o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos. (BRASIL,1997),

A PNRH ao estabelecer uma gestão descentralizada, composta por poder público, usuários e comunidades, veio de encontro com

Porto (2012, p.11) afirma que atualmente, o Brasil conta um sólido arcabouço legal e dotado de fundamentos modernos para a gestão das águas, estabelecendo uma gestão descentralizada com a participação do Poder Público em seus diferentes níveis de atuação, dos usuários e da sociedade em geral.

O autor também lembra que a “Constituição brasileira estabeleceu a repartição de dominialidade das águas entre a União e os estados, prevendo que a gestão na bacia hidrográfica se dê pela articulação harmoniosa entre os atores desses níveis” (PORTO 2012, p.14).

2.3 Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA

Com objetivo de dar apoio técnico e operacional ao cumprimento das atribuições estabelecidas com a lei das águas. A lei federal n. 9.984, de 17 de julho de 2000, posteriormente alterada pela lei Lei nº 14.026, de 2020, criou a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, onde estabeleceu:

Art. 1º Esta Lei cria a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, integrante do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Singreh) e responsável pela instituição de normas de referência para a regulação dos serviços públicos de saneamento básico, e estabelece regras para sua atuação, sua estrutura administrativa e suas fontes de recursos. (Redação dada pela Lei nº 14.026, de 2020) (BRASIL,2020)

Portanto a agência criada implementa no que diz respeito a esfera federal a Política Nacional de Recursos Hídricos sobretudo na elaboração e estabelecimento de normas técnicas nacionais, capacitações e apoios as demais entidades.

A lei federal n. 9.984/00 também estabeleceu a atuação da ANA. Dentre as atuações estabelecidas, cabe destacarmos os seguintes itens:

I – Supervisionar, controlar e avaliar as ações e atividades decorrentes do cumprimento da legislação federal pertinente aos recursos hídricos;

II – Disciplinar, em caráter normativo, a implementação, a operacionalização, o controle e a avaliação dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos; (BRASIL, 2000)

VII – estimular e apoiar as iniciativas voltadas para a criação de Comitês de Bacia Hidrográfica.

X – Planejar e promover ações destinadas a prevenir ou minimizar os efeitos de secas e inundações, no âmbito do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, em articulação com o órgão central do Sistema Nacional de Defesa Civil, em apoio aos Estados e Municípios; (BRASIL, 2000)

Dentre as atuações da ANA no escopo da Gestão Integrada dos Recursos Hídricos estão os programas que são desenvolvidos junto aos estados, municípios, e comitês, do qual podemos citar o Programa Produtor de Água.

2.4 Comitê da Bacia Hidrográfica do Pontal do Paranapanema

O sistema de gestão de recursos hídricos paulista teve início com a lei 7.663 de 30 de dezembro de 1991 que estabeleceu a Política Estadual de Recursos Hídricos - PERH e o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SIGRH.

A lei estabeleceu os princípios, objetivos, instrumentos e o Plano Estadual de Recursos Hídricos a serem adotados pela PERH. Cabe aqui observar que em todos seus aspectos, a PERH é compatível com a Política Nacional de Recursos Hídricos, estabelecida anos depois.

Já o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SIGRH, também instituído pela referida lei, tem como objetivo executar a Política Estadual de Recursos Hídricos bem como a formulação, atualização e aplicação do Plano Estadual de Recursos Hídricos, congregando órgãos estaduais e municipais e a sociedade civil, nos termos do Artigo 205 da Constituição do Estado. (SÃO PAULO, 1991).

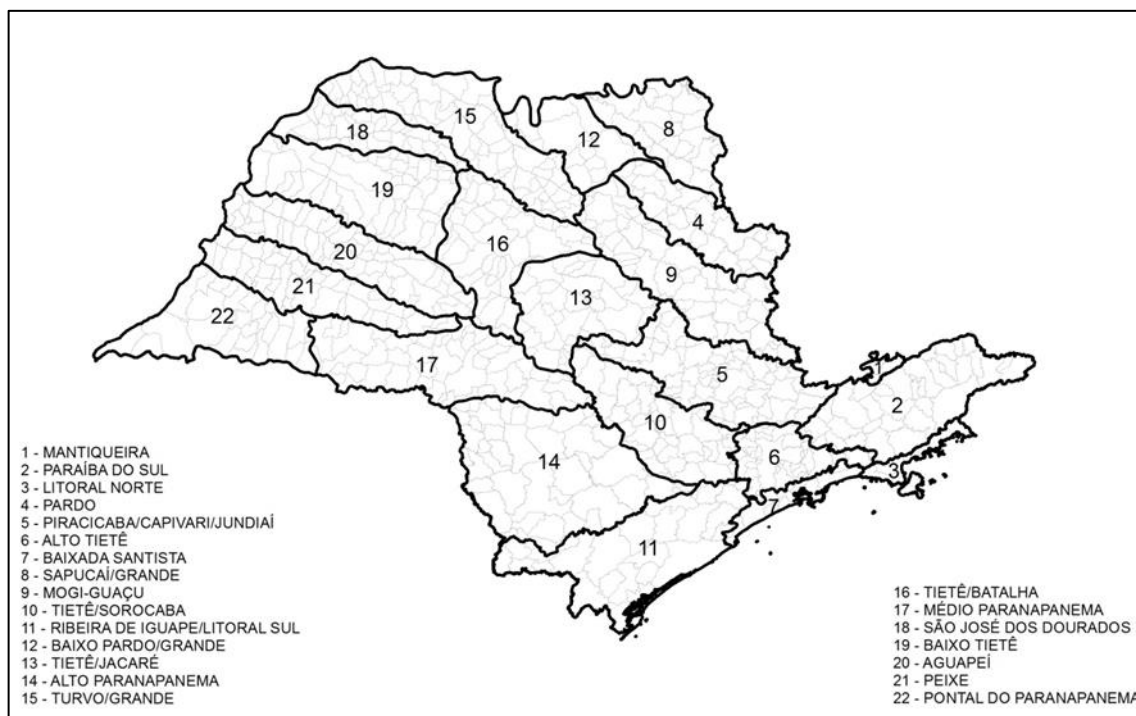
Tendo em vista que, em muitos aspectos a legislação que trata da Política Estadual de Recursos Hídricos carecia de complementação, em dezembro de 2016 é promulgada a Lei nº 16.337, que vem para estabelecer diretrizes e critérios gerais para a elaboração, implementação e monitoramento do Plano Estadual de Recursos Hídricos – PERH.

Como forma de melhor aplicar as PERH, em seu capítulo 1, Seção II - Divisão Hidrográfica do Estado de São Paulo, Divisão Hidrográfica do Estado de São Paulo, ficam estabelecidos as divisões das Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI).

Artigo 4º - A divisão hidrográfica do Estado de São Paulo compreende 22 (vinte e duas) unidades hidrográficas denominadas Unidades de

Gerenciamento de Recursos Hídricos - UGRHIs, conforme mapa constante do Anexo I desta lei (São Paulo, 2016).

Figura 1 - Divisão Hidrográfica do Estado de São Paulo, Divisão Hidrográfica do Estado de São Paulo.



Fonte: (SÃO PAULO, 2016).

A lei também faz, seu artigo 8º, uma caracterização das UGRHI, onde as informações são apresentadas em quadros. Na página seguinte podemos observar as características da UGRHI 22 apresentadas no quadro 1.

O comitê que atua na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Pontal do Paranapanema – UGRHI-PP, ou UGRHI-22, assim definida pelo Plano Estadual de Recursos Hídricos é o Comitê da Bacia Hidrográfica do Pontal do Paranapanema – CBH-PP, este é um órgão colegiado de caráter consultivo, deliberativo e fiscalizado do Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SIGRH (CBH-PP, 2022).

Dentre os principais rios que compõem a UGRHI-22 está o Rio Santo Anastácio, manancial de abastecimento de água para o município de Presidente Prudente e objeto de nossos estudos técnicos.

Quadro 1 – Caracterização da UGRHI 22

UGRHI 22-PONTAL DO PARANAPANEMA: Características Gerais				
População ^{SEADE}	Total (2014)		Urbana (2014)	Rural (2014)
	487.656		90,4%	9,6%
Áreas	Área territorial ^{SEADE}		Área de drenagem ^{São Paulo, 2006}	
	13.301,3 km ²		12.395 km ²	
Principais rios e reservatórios ^{CBH-PP, 2014}	Rios: Santo Anastácio, Paranapanema, Paraná; Ribeirões, Anhumas, Pirapozinho e Laranja Doce. Reservatórios: das UHE's de Rosana, Taquaruçu, Porto Primavera, Capivara e Laranja Doce.			
Aquíferos ^{CETESB, 2013b}	Bauru Abrange totalmente as UGRHIs 15-TG, 18-SJD, 19-BT, 20-Aguapeí, 21-Peixe e 22-PP e parte das UGRHIs 04-Pardo, 08-SMG, 12-BPG, 13-TJ, 16-TB e 17MP. Serra Geral Área de abrangência: estende-se por toda a região oeste e central do Estado, é subjacente ao Aquífero Bauru e recobre o Guarani.			
Mananciais de grande porte e de interesse regional ^{São Paulo, 2007; CBH-PP, 2014}	Interesse Regional: Rio Santo Anastácio			
Disponibilidade hídrica Superficial ^{São Paulo, 2006}	Vazão média (Q _{médio})	Vazão mínima (Q _{7,10})	Vazão Q _{95%}	
	92 m ³ /s	34 m ³ /s	47 m ³ /s	
Disponibilidade hídrica subterrânea ^{São Paulo, 2006}	Reserva Explotável			
	13 m ³ /s			
Principais atividades econômicas ^{CBH-PP, 2014; São Paulo, 2013}	Caracteriza-se pelo elevado grau de mecanização da agricultura, notadamente nas culturas de cana-de-açúcar. Conta também com agroindústrias representadas pelos frigoríficos, indústrias alimentícias, de óleos e gorduras vegetais e atividades relacionadas ao setor de serviços, principalmente em Presidente Prudente.			
Vegetação remanescente ^{São Paulo, 2009}	Apresenta 1.000 km2 de vegetação natural remanescente que ocupa, aproximadamente, 8% da área da UGRHI. As categorias de maior ocorrência são Floresta Estacional Semidecidual e Formação Arbórea/Arbustiva em Região de Várzea.			
Unidades de Conservação ^{Fontes Diversas}	Unidades de Conservação de Proteção Integral (4)			
	EE Mico Leão Preto;			
	PE do Aguapeí, PE do Morro do Diabo e PE Rio do Peixe.			
	Unidades de Conservação de Uso Sustentável (3)			
	APA Ilhas e Várzeas do Rio Paraná;			
	RPPN Mosquito e Vista Bonita.			
Legenda: EE - Estação Ecológica; PE - Parque Estadual; APA - Área de Proteção Ambiental; RPPN - Reserva Particular do Patrimônio Natural.				

Fonte: (SÃO PAULO, 2016).

2.5 A bacia hidrográfica do manancial do alto curso do rio Santo Anastácio

A bacia hidrográfica do manancial do alto curso do Rio Santo Anastácio fica localizada ao sul da área urbana do município de Presidente Prudente. O Rio Santo Anastácio é um importante rio da Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos Pontal do Paranapanema (UGRHI-22), sendo utilizado como um dos mananciais de captação de água pelo município de Presidente Prudente, abastecendo cerca de 30% de sua população, e sendo utilizado para diluição de efluentes por diversos municípios em seu percurso.

O principal curso d'água da bacia hidrográfica é o Rio Santo Anastácio. Este rio nasce entre as divisas dos municípios de Anhumas e Regente Feijó, próximo das cotas de 505 m de altitude e percorre até a represa de captação da empresa Saneamento Básico de São Paulo (SABESP), 20,5 km em sentido SE-W, drenando uma área total de 197,70 km² (DIBIESO, 2013, p.5).

2.6 O Programa Produtor de Água

Conforme justificativa em seu Website, a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico criou o Programa Produtor de Água como forma de incentivar ações que ajudem a incentivar a preservação da água. O Programa Produtor de Água apoia-se no conceito de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), na perspectiva de estimular os produtores a investirem nos cuidados do trato com as águas. Os produtores recebem apoio técnico e financeiro para a implementação de práticas conservacionistas.

Em seu Manual Operativo, a ANA informa que o Programa Produtor de água é um instrumento pelo qual a União apoia e estimula a melhoria, a recuperação e a proteção de recursos hídricos em bacias hidrográficas estratégicas, visando o desenvolvimento da Política de Pagamento por Serviços Ambientais - PSA (ANA, 2012).

A LEI Nº 14.119/2021 que Instituiu a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais definiu serviços ecossistêmicos como sendo “serviços relevantes para a sociedade gerados pelos ecossistemas, em termos de manutenção, recuperação ou melhoria das condições ambientais”. (BRASIL, 2021)

A mesma lei também definiu os serviços ambientais como sendo “atividades individuais ou coletivas que favorecem a manutenção, a recuperação ou a melhoria dos serviços ecossistêmicos, ou seja, atividades desenvolvidas por indivíduos que beneficiam o ambiente” (BRASIL, 2021).

Portanto, ao participar do Programa Produtor de Água, além do ganho econômico da sua produção, o produtor também realiza o serviço ambiental de melhora da quantidade e da qualidade da água da sua região.

É de conhecimento pela ciência que a erosão hídrica é agravada pela remoção da cobertura vegetal original, da agricultura intensiva, do desrespeito às leis ambientais e do ordenamento territorial e a não observância da capacidade de uso do solo.

O Programa Produtor de Água tem seu enfoque no incentivo à adoção de práticas de controle de processo erosivos, uma vez que a erosão hídrica é um dos fatores que mais afetam negativamente os recursos hídricos.

O Manual Operativo do Programa Produtor de Água aprovado pela Portaria ANA Nº 196, de 30 de agosto de 2013 apresenta como objetivos específicos do programa:

- Estimular o desenvolvimento das políticas de PSA de proteção hídrica no Brasil;
- Apoiar projetos em áreas:
 - de mananciais de abastecimento público;
 - com conflito de usos de recursos hídricos;
 - com problemas de baixa qualidade das águas;
 - com vazões e regimes de rios sensivelmente alterados;
 - com eventos hidrológicos críticos;
- Difundir o conceito de manejo integrado do solo, da água e da vegetação;
- Garantir a sustentabilidade socioeconômica e ambiental dos manejos e práticas implantadas, por meio de incentivos, inclusive financeiros, aos agentes selecionados; (ANA, 2013, p.14).

No contexto da operação do programa a ANA pode disponibilizar recursos financeiros para a implantação de práticas de conservação de solo e água por meio de convênios ou contratos de repasse, podendo ser utilizados prioritariamente em práticas mecânicas, recuperação florestal e atividades de educação ambiental (ANA, 2013, p.14)

As práticas de conservação de solo e água a serem implantadas com recursos disponibilizados pela ANA devem fazer parte de projeto de PSA que atenda aos requisitos expostos no Manual Operativo do Programa Produtor de Água.

Quanto aos aspectos técnicos, os projetos devem estar inseridos em determinada bacia hidrográfica onde se adotam práticas conservacionistas, e para a implantação do PSA, faz-se necessário a valoração dos serviços ambientais.

A seleção de Sub-bacias Hidrográficas deve ocorrer de maneira que atenda a, pelo menos, um dos critérios descritos a seguir, é elegível, sendo prioritária aquela que atender o maior número deles (ANA, 2013, p.20).

- I. ser um manancial de abastecimento de água para uso urbano ou industrial;
- II. ser um manancial de fornecimento de água para a geração de energia elétrica;
- III. estar inserida em bacias hidrográficas que já tenham os instrumentos de gestão, previstos na Lei 9.443/97, implementados;
- IV. estar inserida em uma bacia hidrográfica cujo Plano de Recursos Hídricos identifique problemas de poluição difusa de origem rural, erosão e déficit de cobertura vegetal em áreas legalmente protegidas;
- V. ter um número mínimo de produtores rurais interessados que possa viabilizar a aplicação do Programa;
- VI. estar em situação de conflito de uso dos recursos hídricos;
- VII. estar sujeita a eventos hidrológicos críticos recorrente (ANA, 2013, p.20).

O projeto deve prever também quais serão os manejos conservacionistas, quais a valoração dos serviços ambientais e o pagamento aos produtores, dentro dos requisitos estabelecidos para o Programa.

2.7 O programa Produtor de Água e a Prefeitura Municipal de Presidente Prudente (PMPP)

O Projeto do Programa Produtor de Água de Presidente Prudente tem como foco o manancial do alto curso do Rio Santo Anastácio (PRESIDENTE PRUDENTE, 2019a), conforme apresentado em seu projeto, pode-se enumerar diversas justificativas que convergem para a realização do Programa Produtor de Água nessa bacia hidrográfica, dentre as quais:

- A importância do manancial como fonte para o abastecimento de água do município de Presidente Prudente.
- A farta disponibilidade de informações decorrentes de estudos técnicos realizados pelas universidades e pelo CBH-PP no local.
- O estado atual de deterioração ambiental da bacia, principalmente pela falta de vegetação nativa em suas Áreas de Preservação Permanente (APPs).
- O histórico de atividades de educação ambiental realizadas na bacia.
- O histórico de ações de recuperação ambiental realizadas no manancial do Rio Santo Anastácio que resultou na construção da Estação de Tratamento de Esgoto de Presidente Prudente
- A existência da lei Nº 10.000/2019 que Institui o Programa de Pagamento por Serviços Ambientais (PPSA) e autoriza a Prefeitura Municipal de Presidente Prudente a estabelecer convênios e executar pagamento aos provedores de serviços ambientais. (PRESIDENTE PRUDENTE, 2019b)
- O interesse e o apoio dos municípios vizinhos aos projetos de restauração ecológica desenvolvidos na bacia.
- A possibilidade de recursos provenientes de Termo de Compromisso de Recuperação Ambiental (TCRA) e Termo de Ajustamento de Conduta (TAC) destinados pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) e pelo Ministério Público para a restauração ecológica.
- As ações do CBH-PP que através de suas Câmaras Técnicas têm concentrado esforços para a recuperação do manancial mediante projetos específicos, como os de restauração ecológica de APPs.

O Projeto do Programa Produtor de Água da Bacia do alto curso do rio Santo Anastácio está sendo desenvolvido com participação da Secretaria Executiva do CBH-PP, Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), Faculdade de Ciências e Tecnologia da Unesp, Coordenadoria de Biodiversidade e Recursos Naturais (CBRN) da Secretaria do Meio Ambiente, e coordenação da Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMEA) da Prefeitura Municipal de Presidente Prudente. Para tanto, foi elaborado Projeto Básico do Programa Produtor de Água para a parte da bacia hidrográfica do manancial alto curso do rio Santo Anastácio situada no município de Presidente Prudente, sendo este apresentado pela Prefeitura Municipal de Presidente

Prudente para o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Paranapanema e Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, para implantação do Programa.

O projeto Básico do Programa apresentou solicitação de apoio para a ANA de investimentos em conservação do solo em propriedades rurais no valor de R\$ 522.173,75 para 581 ha e investimento em Adequação de Estradas Rurais no valor de R\$ 478.163,80 para aplicação em 9,54 km de estradas, perfazendo um total de investimento no programa de R\$ 1.000.337,55. Para sua implementação, entretanto, é necessário o detalhamento dos locais de intervenção e os estudos básicos de conservação e solo e adequação de estradas rurais, que possam subsidiar os projetos executivos e a efetiva utilização dos recursos financeiros, com os consequentes benefícios sociais e ambientais, contextualizando assim, a importância desta pesquisa.

2.8 Conservação do solo e da água

Conforme demanda de projeto em matéria de conservação de solo e água pelo Programa Produtor de Água em Presidente Prudente, o conhecimento dos fundamentos técnicos para elaboração dos projetos necessários para investimentos da ANA no programa é de fundamental importância, portanto buscamos abordar esses temas reunindo o subsídio necessário para a elaboração dos projetos necessários na sequência.

2.8.1 Processos erosivos

Para entender o que é o processo erosivo, antes é preciso entender o solo e suas funções. O rol de serviços prestados pelo solo é tão amplo que muitos autores o definem conforme os serviços que o solo propicia e a relação com as suas atividades de estudo. Em nossos estudos vamos nos ater aos serviços ambientais prestados e as suas relações aos ecossistemas.

Bertoni e Lombardi (2014) definem solo sendo o recurso básico capaz de suportar toda a cobertura vegetal da terra sem a qual os seres vivos não poderiam

existir. Bertoni e Lombardi (2014, p.37) ainda o descrevem como “a coleção de corpos naturais ocorrendo na superfície da terra, contendo matéria viva e suportando ou sendo capaz de suportar plantas”.

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), em seu sistema brasileiro de classificação de solos, define solo como “uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais do nosso planeta, contêm matéria viva e podem ser vegetados na natureza onde ocorrem e, eventualmente, terem sido modificados por interferências antrópicas” (SANTOS et al., 2018, p.27)

Em seu *website*, a EMBRAPA ainda define o solo como um sistema aberto entre os diversos geoecossistemas, susceptível a ações de fluxo e matérias, e em constante mudanças e que evoluindo conforme o ambiente a que está inserido.

É evidente a importância do solo para o desenvolvimento da humanidade devido a manutenção dos diversos serviços ambientais que ele disponibiliza, fundamental para a agricultura, é sobre o solo que se realiza diversas interações nos ecossistemas.

Fisicamente o solo se constitui por um conjunto de materiais minerais e orgânicos, sejam sólidos, líquidos e gasosos, sendo o equilíbrio destes que determina as características e as viabilidades dos seus serviços ambientais disponíveis, tornando a preservação de seu estado adequado, diretamente ligado preservação dos serviços ambientais fornecidos.

Dentre as ações antrópicas que podem alterar as características de um solo estão aquelas que influenciam diretamente no processo erosivo. O processo erosivo consiste no desprendimento e arraste das partículas do solo causado, dentre outros, pela água ou pelo vento (BERTONI; LOMBARDI, 2014). É um processo natural que ocorre no ambiente, contudo, as ações antrópicas sobre os diversos fatores envolvidos na erosão causam a aceleração desse processo, podendo comprometer os serviços ecossistêmicos proporcionados pelo solo.

Guerra e Jorge (2013) exemplificam os problemas resultantes da erosão do solo como sendo a remoção dos nutrientes existentes no topo dos solos, redução das

penetrações das raízes e do armazenamento de água, diminuição das águas disponíveis para a agricultura e pecuária e o aumento do assoreamento dos rios, lagos e reservatórios, como no caso da área de estudo.

Ao descrever o processo de erosão Bertoni e Lombardi (2014) citam os diversos fatores (causas ativas) que o influenciam, tal como a chuva, a infiltração, a topografia do terreno, a cobertura vegetal, a natureza do solo. Importante destacar que devido a sua maior magnitude e o objeto de nossos estudos, daremos ênfase ao processo de erosão decorrente da ação da água.

2.8.1.1 Chuva

A chuva influencia de maneira significativa o processo de erosão. Bertoni e Lombardi (2014) descrevem o processo de contribuição da chuva para o processo erosivo de três formas, desprendendo a partículas do solo com o impacto, transportando as partículas por salpicamento e gerando energia em forma de turbulência ao escoamento superficial. Bertoni e Lombardi (2014) também citam a relação da intensidade da chuva com a energia disponível para o processo erosivo, segundo o qual maior intensidade maior será a disponibilidade de energia para todas as três formas citadas

Botelho et al. (2014) citam o salpicamento (Splash) como a etapa inicial do processo erosivo, uma vez que prepara o as partículas para o transporte pelo escoamento superficial, os autores também se atentam para o fato de sedimentos tamparem os poros do solo contribuindo para o escoamento superficial.

2.8.1.2 Infiltração

A infiltração é um processo que ocorre por ação da gravidade e por ação da capilaridade, sua intensidade está diretamente ligada a fatores como teor de umidade do solo e as propriedades físicas dos solos. Botelho et al. (2014 apud MORGAN, 1986. p.25) enfatiza que “durante uma tempestade, os espaços existentes entre as

partículas do solo preenchem-se de água e as forças de capilaridade decrescem, de tal forma que a taxa de infiltração decai.”

Bertoni e Lombardi (2014) descrevem a infiltração como o movimento da água dentro da superfície do solo, o autor atenta-se para o fato de quanto maior a infiltração, menor o escoamento superficial e menor o processo de erosão. Portanto é importante observar o quanto a presença da infiltração contribui para o controle da erosão do solo.

No ciclo hidrológico, a fase terrestre do ciclo inicia-se com a alimentação pela precipitação, posteriormente iniciam-se os processos de escoamento superficial direto, e o processo de infiltração, seguidos pela evapotranspiração, recarga de aquíferos e vazão básica dos rios e outros.

O processo de infiltração é o fator que permite o armazenamento das águas subterrâneas, podendo estarem armazenadas em solos próximos a superfície ou nos aquíferos profundos.

A porção de água que se infiltra percola descendentemente pelos espaços vazios do solo e do material geológico, influenciada pela gravidade e outras forças (incluindo as de pressão e capilares), até atingir uma zona onde todos os espaços porosos estão preenchidos com água, chamada de zona saturada. (PORTO, 2012. P. 89).

A água armazenada próximas as superfícies do solo, mantém a umidade necessária para a sobrevivência e o desenvolvimento das plantas os quais captam esta água através de suas raízes. Já as águas mais profundas, em zonas saturadas, formam fluxos de escoamentos que alimentam os corpos hídricos, garantindo o escoamento dos rios mesmo em períodos de longas estiagens. Por esta característica, as águas subterrâneas são muito importantes para o abastecimento humano, ficando disponíveis através de sistema de poços para sua captação.

2.8.1.3 Topografia do terreno

Outro fator muito importante relacionado ao processo erosivo, e que tem relação direta com as técnicas propostas neste estudo é a influência da topografia do

terreno no processo erosivo. Bertoni e Lombardi (2014, p.56) citam que o comprimento da lançante e o grau de declividade do terreno influenciam diretamente a velocidade de escoamento da água, e por consequência no grau de carregamento de materiais em suspensão. Segundo os autores o comprimento da rampa é um dos mais importantes fatores da erosão do solo, pois quanto maior o comprimento das rampas, as perdas de solo por unidade de área são maiores em sua média. Desta forma, Bertoni e Lombardi (2014) concluem reafirmando a importância do parcelamento das lançantes em um controle de erosão.

2.8.1.4 Natureza do solo

O tipo de solo é outro fator que influenciam na erosão, alguns solos são mais susceptíveis a erosão, Lepsch (2010), enumera as características físicas como textura, permeabilidade e profundidade como fatores importantes, cita como exemplo um solo arenoso que é menos resistente a erosões, Bertoni e Lombardi (2014) citam as características como estrutura, textura, permeabilidade e densidade, além de características químicas e biológicas a qual conferem maior ou menor ação dos efeitos da ação da água

A textura, através dos tamanhos das partículas, e a estrutura e ordenamento das partículas, com presença ou não de agregados, criam situações de maior ou menos coesão, partículas de argila, por terem dimensões menores que as de areia, apresentam uma maior coesão e maior resistência ao processo erosivo.

A permeabilidade está ligada a porosidade, Botelho et al. (2014) definem a porosidade de um solo como sendo:

“o volume não ocupado pelos constituintes sólidos do solo. Tal volume é ocupado pelo ar e pela água. A importância da porosidade está no fato de que é através dela que se dá a transferência de sólidos, líquidos e gases no interior do solo, bem como da atividade biológica”. (BOTELHO et al., 2014, p.108)

A presença da permeabilidade, por um lado diminui o escoamento superficial, mas quase como regra ocorre em maiores intensidade em solos de baixa coesão, como solos arenosos.

A presença de matérias orgânicas no solo, tais como raízes em decomposição, apresentam a tendência de aumentar a coesão dos agregados do solo, diminuindo assim a erosão.

2.8.1.5 Cobertura vegetal

A cobertura vegetal apresenta-se como a natural proteção do solo contra erosões, as vegetações impõem uma barreira natural ao escoamento superficial, reduzindo a energia cinética do escoamento e facilitando a infiltração. As folhas quebram a velocidade e captam parte dos pingos de chuva, diminuindo a quantidade de água que atinge o solo e reduzindo a ação do *Splash*. As raízes permitem uma maior infiltração, a presença de matéria orgânica no solo também contribui para a retenção da água no local, consequente reduzindo o escoamento superficial.

2.8.2 Formas de erosão hídrica

Bertoni e Lombardi (2014, p.78) citam os tipos de erosão hídrica como sendo: Erosão pelo impacto da chuva; Erosão Laminar; Erosão em sulcos, Voçorocas, Deslocamento e escorregamento de massas de solo, Erosão em pedestal, Erosão em pináculo, Erosão em túnel, Erosão da fertilidade do solo. Devido a extensa lista, vamos descrever os quatro tipos existentes e comum na área de estudo.

2.8.2.1 Erosão pelo impacto da chuva

Os impactos das gotas de chuva causam o desprendimento das partículas finas e importantes do solo, em um processo denominado *Splash*, além do desprendimento,

em seu ponto central ocorre uma compactação das partículas do solo, diminuindo a infiltração da água e contribuindo para o escoamento superficial, uma chuva de grande intensidade possui um potencial muito grande de remoção de partículas, uma vez que a energia de todas as gotas somadas age na superfície do solo.

2.8.2.2 Erosão laminar

A erosão laminar, conforme Bertoni e Lombardi (2014, p.76), é a forma de erosão mais difícil de ser notada, porém é a forma mais perigosa, o processo de erosão laminar trata-se da erosão da superfície devido ao escoamento da água. Conforme os dias de chuva, a água que se acumula na superfície tornando-se carregadas de partículas de solo, assim, durante o processo de escoamento, estas águas transportam as partículas do solo.

Conforme o processo de escoamento as partículas presentes nas águas agem como abrasivos, contribuindo assim para a remoção de mais partículas. Ao final do processo, resulta um solo diminuto em suas partículas finas e nobres perdendo sua fertilidade. Quanto ao aspecto do solo, somente é possível observar a ocorrência do processo erosivo devido as raízes das plantas que começam a ficar expostas.

2.8.2.3 Erosão em sulcos

A erosão em sulcos é um processo erosivo que se inicia devido a pequenas irregularidades na superfície do solo, essas pequenas depressões canalizam o escoamento da enxurrada fazendo com que ela atue nesses pontos, a ação da água é semelhante ao do processo de erosão laminar, mas devido ao maior volume e velocidade da água concentradas nas depressões os resultados são mais acentuados apresentando-se de início como pequenos sulcos, que quando não corrigidos por técnicas adequadas evoluem para grandes sulcos, comprometendo os locais para as técnicas de plantio tradicionais.

2.8.2.4 Erosão da fertilidade do solo

A erosão da fertilidade do solo trata-se da perda de nutrientes necessários para o desenvolvimento de plantas pela ação da água, Bertoni e Lombardi (2014, p.79), afirmam que a perda dos nutrientes e das camadas orgânicas do solo é muito mais prejudicial do que somente a perda de areias e cascalho. Os autores se apoiam nos estudos de DULLEY o qual obteve em suas pesquisas sobre perdas de fertilidades de solo, que solos que sofrem com processo erosivo possuem perdas de nutrientes significativamente maior do que o solo que sofre apenas a ação de enxurradas, ou seja, a perda de nutrientes como nitrogênio orgânico, nitratos, cálcio, potássio e fósforo são muito maiores quando existe a perda do solo.

2.8.3 Consequências dos processos de erosão hídrica

Podemos concluir que os processos erosivos, decorrentes da ação da água configura-se como um problema quando contribui para a perda de fertilidade e da disponibilidade de solos para a produção agrícola e redução da disponibilidade hídrica, bem como para o suporte necessário aos ecossistemas dele dependentes.

A perda de solo cultivável por conta da erosão hídrica acarreta os seguintes problemas ambientais e econômicos:

- a diminuição de terras disponíveis para a agricultura;
- aumento da demanda de insumos agrícolas para a correção da fertilidade do solo;
- aumento da demanda de investimentos para correção e sistematização das superfícies atingidas;
- carreamento de sedimentos para os corpos d'água causando assoreamentos;
- carreamento de nutrientes para os corpos d'água resultando em eutrofização;
- consequente diminuição do volume e da qualidade da água disponível.

2.8.4 Conservação do solo

É possível evitar ou diminuir consideravelmente os problemas decorrentes dos acelerados processos erosivos do solo com o emprego de técnicas agrícolas e de conservação adequadas, descritas em inúmeros trabalhos científicos e acadêmicos. Neste capítulo vamos descrever algumas das técnicas mais importantes e que foram utilizadas no desenvolvimento dos nossos trabalhos. Vale destacar aqui a característica agrícola da área de estudos, por se tratar de uma zona rural, com produção agropastoris, nos limitaremos a abordar as técnicas aplicáveis a zona rural.

Denominadas como práticas conservacionistas, são aquelas que visam aumentar a resistência do solo ou diminuir as forças dos processos erosivos. Essas práticas podem ser divididas em vegetativas, edáficas e mecânicas (BERTONI; LOMBARDI, 2014, p.94).

2.8.4.1 Práticas vegetativas

As práticas vegetativas utilizam-se da cobertura vegetal para fazer o controle da erosão (BOTELHO et al., 2014, p.259). São técnicas que utilizam do recobrimento do solo pela vegetação para travar e impedir o processo erosivo. Bertoni e Lombardi (2014, p.95), ressaltam que na agricultura, nem sempre é economicamente viável manter o solo constantemente recoberto com vegetação protetora, sendo preciso fazer o uso das técnicas de forma racional podendo para isso utilizar-se de vegetação de revestimento e travamento.

O autor Lepsch (2010, p. 202) relaciona as principais técnicas vegetativas como sendo: reflorestamento, formação e manejo adequado de pastagens, cultivos em faixas, controle das capinas, faixas de árvores em forma de quebra ventos, e cobertura do solo com palha. Os autores Botelho et al. (2014) classificam as principais práticas como sendo: Plantas de cobertura, cultura em faixas, cordões de vegetação, alternância de capinas e quebra-ventos. Já Bertoni e Lombardi (2014, p.95), em sua obra, Conservação do solo, relacionam as técnicas vegetativas como sendo: Florestamento ou reflorestamento, Pastagem, Plantas de cobertura, Cultura em

faixas, cordões de vegetação permanente, alternância de capinas, ceifa do mato, cobertura morta, faixas de bordadura e quebra-ventos.

O **reflorestamento** é a técnica que se utiliza da cobertura florestal para a preservação do solo, por implicar em formação de floresta, são indicadas para terras com baixa capacidade de produção ou locais topograficamente inadequados para a agricultura além de áreas de proteção.

A **pastagem**, assim como o florestamento, apresenta grande capacidade de proteção, também é recomendada para locais de difícil cultivo.

As **plantas de cobertura**, são plantas cultivadas em períodos chuvosos, seja em consórcio com culturas perenes ou intercaladas com cultivos anuais, agem protegendo o solo do processo erosivo de diversas maneiras, seja facilitando a infiltração e o armazenamento de umidade no solo ou lhe conferindo melhor resistência. Esta técnica apresenta a vantagem de também melhorar a fertilidade do solo, mas é recomendada apenas onde existe a disponibilidade de chuvas, pois as plantas de cobertura podem concorrer com a cultura agrícola pela água (BERTONI; LOMBARDI, 2014, p.97).

A **cultura em faixa**, utiliza-se do ordenamento do cultivo de modo que a disposição das plantas em nível controle as perdas por erosão, pois as perdas em um nível são retidas na faixa de nível inferior.

Cordões de vegetação permanente, são fileiras de plantas perenes, densas e cultivadas em nível, de forma a controlar as perdas por erosão. São muito eficientes sendo e podem ser junto com outras técnicas, como por exemplo os terraços, o qual abordaremos logo à frente. Já as **faixas de bordadura** são plantadas nas bordas das culturas, agem pelo mesmo princípio, mas protegem os solos quanto as águas que entram em saem da área plantada.

Alternância de capina, trata-se do processo de capinagem de forma alternada nas ruas de plantio, de forma que a rua com vegetação retenha ao solo perdido pela rua capinada, consiste em capinar um conjunto de ruas pulando o conjunto seguinte, assim que passar algum tempo, faz-se à capina das ruas não capinadas, mantendo as outras, é um processo sem custo e eficiente (BERTONI; LOMBARDI, 2014, p. 105).

Os **quebra-ventos** são vegetações densas de médio e grande porte plantadas de forma regular no terreno, formando barreira contra a ação dos ventos. São indicadas para culturas e locais que sofrem por ação dos ventos.

2.8.4.2 Práticas edáficas

As práticas edáficas são técnicas para preservar ou melhorar a fertilidade do solo, um solo mais fértil apresenta melhor cobertura vegetal e melhor proteção contra a erosão. Segundo Lepsch (2010, p.197), as práticas edáficas baseiam-se nos princípios de eliminação ou controle da queimada, adubações e calagem e rotações de culturas.

2.8.4.3 Plantio direto na palha

Nos sistemas tradicionais de plantio com uso de arado, realiza-se o revolvimento das camadas superiores do solo com objetivo de controlar as ervas daninhas, incorporar matéria orgânica residuais de cultivos e afogar a terra. Nestes sistemas de plantio, o solo fica exposto a ação do sol e dos pingos da chuva, que, com o solo já desagregado, carrega sedimentos com mais facilidades.

O sistema de plantio direto sobre a palha faz uso de herbicidas para a dissecação das ervas daninhas, neste sistema coloca-se a semente e o adubo por sobre a palha resultante dos cultivos anteriores utilizando-se de equipamentos apropriados, evitando dessa forma o revolvimento de grande quantidade de solo.

Lepsch (2010, p. 205) menciona uma série de vantagens do plantio direto na palha sobre o método de plantio tradicional como, maior retenção de umidade no solo, proteção contra arraste de solo, menor utilização de tratores e combustível, menor tempo para semeadura. Como desvantagem podemos citar o maior emprego de herbicidas e os cuidados com sua aplicação.

2.8.4.4 Práticas mecânicas

São Práticas que buscam a prevenção da erosão realizando alterações da superfície do solo, seja corrigindo imperfeições na topografia ou construindo estruturas com objetivo na redução da velocidade da água e o favorecimento de sua infiltração. Bertoni e Lombardi (2014, p.121) relacionam as técnicas de Práticas Mecânicas com sendo a distribuição racional de caminhos, plantio em contorno, canais de escoamento e terraceamento.

Dentre as práticas mecânicas descritas pelos autores, a **distribuição racional de caminhos** trata dos ordenamentos e disposição dos carregadores e caminhos necessários ao processo de cultivo, os caminhos devem ser implantados segundo técnicas que reduzam ou que não contribuam com o processo erosivo. Já o **plantio em contornos** trata da disposição e ordenamento das linhas de plantio, seus efeitos na produtividade, operações de cultivo e principalmente, na conservação dos solos através da prevenção do processo erosivo.

Já o processo de conservação do solo por terraceamento é um processo mais complexo e requer maiores investimentos, seja na utilização de técnicas de dimensionamento quanto nas operações de construção e implantação.

2.9 O terraceamento como prática mecânica de conservação do solo

Controlar o processo erosivo, mantendo a disponibilidade de solo para as atividades agrícolas e econômicas é fundamental uma vez que traz ganhos para toda uma cadeia econômica social e ambiental. O processo de conservação por terraceamento é uma prática muito eficiente no controle da erosão, contudo, Lepsch (2010, p.201) cita que a prática deve ser bem planejada pois quando mal aplicada os resultados de rompimento de terraços são muito graves, com significativas perdas e danos ao solo.

O processo de terraceamento consiste na construção de estruturas físicas de interceptação e armazenamento de enxurradas. São estruturas de terra construídas

em linhas no nível do terreno, transversal ao fluxo da enxurrada de forma a dividir a lançante e seções menores. Há uma variedade de fatores que influenciam no dimensionamento e no custo dessas estruturas, dentre as quais: regime de chuvas do local (Clima), tipo de solo, sistema de cultivo, culturas a serem implantadas, topografia do terreno, método construtivo disponíveis, equipamentos disponíveis (LOMBARDI NETO, F.; DRUGOWICH, M. I. 1994a).

2.9.1 Construção de terraços

O sistema de terraço deve ser confiável e eficiente, deve ser capaz de absorver ou conduzir toda a água que escoar pela superfície do terreno, deve permitir o cultivo no local e permitir a sua manutenção. A construção de terraços inicia-se, portanto, pelo reconhecimento das características do local, do conhecimento da cultura e das técnicas de cultivo a serem implantadas e sobretudo dos recursos disponíveis para a construção. Uma vez de posse desses conhecimentos define-se o tipo e característica do terraço e posteriormente calcula-se as distâncias entre as estruturas e suas dimensões.

Os fatores que influenciam na construção de um terraço são descritos no Manual técnica de manejo e conservação de solo e água da CATI, do qual podemos apresentar: (LOMBARDI NETO, F.; DRUGOWICH, M. I. 1994a, p. 22).

Regime de chuvas do local (Clima): A quantidade, intensidade e distribuição de chuva que cai em um local influi diretamente na intensidade de enxurrada, conseqüentemente na forma, no dimensionamento e nos distanciamentos entre terraços a serem adotados.

Características do solo: As características do solo dizem respeito à sua permeabilidade e à resistência que o solo possui ao processo erosivo, fatores estes que vão definir na escolha entre terraços em nível ou em desnível (com gradiente), comum ou embutido.

Uso e manejo do solo (sistema de cultivo): A cultura e o sistema de cultivo adotado, determina o nível de mecanização, que por sua vez determina se o terraço será de base larga, estreita ou média, bem como se será comum ou embutido.

Topografia do terreno: A declividade do terreno determina a faixa de movimentação de terra, se base larga, média ou estreita, bem como se é necessário a adoção de patamar para declividades acima de 18%.

Equipamentos disponíveis: Muitas vezes a escolha da característica de um terraço depende da disponibilidade dos equipamentos para construção, muitas vezes o agricultor se vê obrigado a adotar o sistema a qual possui condições de construir.

2.9.2 Escolha do tipo de terraço

O “Manual técnico de manejo e conservação de solo e água – Volume IV” da extinta Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), classifica os terraços quanto a sua função (terraço em desnível ou de drenagem, e terraço em nível ou de infiltração), quanto a sua construção (Nichols, Mangum), quanto a sua dimensão (terraço de base estreita, terraço de base média e terraço base larga), quanto a sua forma (terraço comum, terraço embutido, terraço leirão e terraço em patamar) (LOMBARDI NETO, F.; DRUGOWICH, M. I. 1994a).

Já Bertoni (2014, p.127), cita basicamente 6 tipos de terraços como sendo os mais comuns, Terraço Mangum, Terraço Nichols, Terraço Base Larga, Terraço Base Estreita, Terraço Patamar e Terraço Individual.

Como já apresentado anteriormente, a escolha do tipo de terraço a ser construído depende de um conjunto de fatores, contudo fatores como a declividade, a cultura e as práticas de cultivo e a disponibilidade de equipamentos para a construção são imediatamente importantes na seleção.

O quadro a seguir descreve as características de cada tipo de terraço conforme sua função, forma de construção, dimensões e formatos.

Quadro 2 - Características dos terraços.

Tipo (Função)	Características
Terraço em desnível	Descrição: O terraço em desnível apresenta gradiente de declividade em sua extensão, resultando em pontos de descargas, sejam naturais ou artificiais, possui a função de realizar a remoção e condução da água do local
	Aplicação: Locais de difícil infiltração (solos com permeabilidade moderada ou lenta) ou regiões com muita chuva, estão sempre associados com canais de escoamento
Terraço em nível	Descrição: O terraço em nível apresenta toda a sua extensão em mesmo nível servindo como armazenamento, são projetados e dimensionados de maneira a acomodar a enxurrada das chuvas mais intensas, podendo ter extravasador em suas extremidades, sua função é de favorecer a evaporação e a infiltração
	Aplicação: Locais de fácil infiltração (Solos de boa permeabilidade) ou regiões com pouca chuva
Tipo (Construção)	Características
Nichols	Descrição: Este terraço é construído realizando o corte da terra e a movimentação da terra sempre de cima para baixo, o canal apresenta forma triangular.
	Aplicação: Pelas suas características, demandam menos espaço para a construção, é recomendado para locais com declividade mais acentuada, em sua construção o arado reversível é o que apresenta melhor rendimento.
Mangum	Descrição: Este tipo de terraço é construído realizando corte e movimentação de terra (tombamento) nos dois lados do camalhão, de cima para baixo e de baixo para cima. O canal apresenta forma trapezoidal.
	Aplicação: Necessita de maior espaço para a sua construção, pode ser construído com implementos fixos ou reversíveis, pelo fato de escavar dos dois lados do camalhão é aplicado em terrenos com declividade mais suave.
Tipo (dimensões)	Características
Estreita	Descrição: São terraços construídos em uma faixa de movimentação de terra de até 3m.
	Aplicação: São empregados em locais onde não é possível o emprego de terraços base larga e base estreita, não devem ser empregados em grandes áreas com declividades inferiores a 15-16%. Seu uso deve ser restrito a lavouras pequenas, podem ser construídos com ferramentas manuais.

Fonte: Adaptado do manual técnico de manejo e conservação de solo e água da CATI. (LOMBARDI NETO, F.; DRUGOWICH, M. I. 1994a)

Quadro 2 - Características dos terraços.

Média	Descrição: Construídos em faixa de terra com largura variando de 3 a 6 metros,
	Aplicação: Os terraços de base média podem ser cultivados na maior parte de sua porção, podem ser construídos com arados e aiveca com máquinas de pequeno porte, por isso são recomendados para pequenas e médias propriedades onde a declividade ultrapasse de 10 a 12 %.
Larga	Descrição: São terraços construídos em uma faixa de terra de 6 a 12 metros, permitem plantio em toda sua extensão.
	Aplicação: São destinados a terrenos ondulados com declividade de até 8%, podem ser construídos por diversos tipos de máquinas e equipamentos, sendo necessários investimentos maiores que é compensada pela praticidade de manutenção e duração. Aplicam-se sobretudo a lavouras extensas.
Tipo (Formato)	Características
Comum	Descrição: A forma comum dos terraços atender terrenos com declividade até 18%, apresenta um canal e um camalhão ou dique
	Em diversas culturas econômicas em terrenos com declividades até 18%.
Embutido	Descrição: O terraço do tipo embutido se assemelha ao terraço comum, contudo o canal possui formato triangular, sendo o talude entre o canal e o camalhão quase vertical. Podem ser construídos com motoniveladora ou tratores de lâmina. É possível plantar em quase a totalidade do terraço.
	Aplicação: Se aplicam onde é necessário maior estabilidade dos terraços.
Leirão	Descrição: O terraço leirão é caracterizado por um camalhão de grandes dimensões e canal reduzido, o solo que forma o camalhão é normalmente transportada por máquinas tipo pá carregadeira de custos elevados, não permite manobras de máquina por sobre ele dificultando o cultivo.
	Aplicação: Devido ao custo de implantação e as dificuldades de operação, o terraço leirão somente é utilizando quando por algum impedimento não é possível escavar o local
Terraços em patamar	Descrição: O terraço em patamar são basicamente plataformas, construídas em terrenos muito íngremes, permitindo além do controle da erosão a sistematização do terreno, facilitando assim as operações agrícolas.
	Aplicação: Sua aplicação se dá em terrenos com declividades superiores a 18%.

Fonte: Adaptado do manual técnico de manejo e conservação de solo e água da CATI. (LOMBARDI NETO, F.; DRUGOWICH, M. I. 1994a)

2.9.3 Dimensionamento de terraços

2.9.3.1 Determinação do espaçamento entre terraços

Bertoni e Lombardi (2014, p.130) recordam que as primeiras determinações de equações para o cálculo do espaçamento entre terraços foram realizadas nos Estados Unidos em diferentes épocas, se tratavam de equações empíricas e que sempre consideraram a declividade e o tipo de solo. No caso Brasileiro, as fórmulas e tabelas baseadas nas equações americanas foram inicialmente adotadas, até que Marques apresentou a primeira tabela de terraços baseados em perda de solo para diversos tipos de solos do país.

Atualmente dentre as equações para o cálculo das distâncias mais utilizadas no estado de São Paulo está a equação proposta por Bertoni.

“Bertoni utilizando dados das determinações de perda de solo dos principais tipos de solo do estado de São Paulo, de uma média de 10 anos de observações, em talhões de diferentes comprimentos de rampas e de diferentes graus de declividades para culturas anuais, determinou uma equação para calcular as perdas médias de solo para os diferentes tipos de solo, graus de declividade e comprimentos de rampa” (BERTONI; LOMBARDI, 2014, p. 133).

Com base nas perdas médias de solo e água e no teor de solo das enxurradas obtidas, foi possível determinar a posição média relativa para esses fatores. Ao estudar os dados com relação a declividade e ao comprimento de rampa, resultou na equação do “índice de erosão” que permitiu a elaboração de uma tabela para espaçamento de terraços. (BERTONI; LOMBARDI, 2014, p. 133).

A equação proposta por Bertoni que relaciona o espaço entre terraços, a declividade e o coeficiente do tipo de solo é dada por:

$$EV = 0,4518 \times K \times D^{0,58}$$

Onde:

EV = Espaçamento Vertical (m);

K = Constante para cada tipo de solo (Ver quadro 3);

D = Declividade do terreno (%);

Quadro 3 – Constantes K para as equações de espaçamentos de terraços para tipos de solo do estado de São Paulo.

Solos	K
SOLOS COM B TEXTURAL	
Podzólico vermelho-amarelo, orto	0,882
Podzólico vermelho-amarelo, v. Piracicaba	0,964
Podzólico vermelho-amarelo, v. Laras	1,036
Podzólico com cascalho	0,817
Podzolizado Lins e Marília, v. Lins	0,728
Podzolizado Lins e Marília, v. Marília	0,841
Mediterrâneo vermelho-amarelo	1,194
Terra roxa estruturada	1,256
SOLOS COM B LATOSSÓLICO	
Latossolo roxo	1,191
Latossolo vermelho-escuro, orto	1,205
Latossolo vermelho escuro, f. arenosa	1,332
Latossolo vermelho-amarelo, f. rasa	1,074
Latossolo vermelho-amarelo, f. arenosa	1,294
Latossolo vermelho-amarelo, f. terraço	1,218
Latossolo vermelho-amarelo, húmico	1,140
Solos Campos do Jordão	1,060
SOLOS POUCOS DESENVOLVIDOS	
Litossolo	0,704
Regossolo	1,284

Fonte: (BERTONI; LOMBARDI, 2014, p. 134).

A tabela a seguir foi elaborada por Bertoni e Lombardi (2014) e apresenta os espaçamentos para terraços base larga em culturas anuais.

Tabela 1 – Espaçamentos de terraços em base larga para culturas anuais.

Declividade %	SOLO ARENOSO		SOLO ARGILOSO		SOLO ROXO	
	ESPAÇAMENTO		ESPAÇAMENTO		ESPAÇAMENTO	
	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal
1	0,38	37,75	0,43	43,10	0,55	54,75
2	0,56	28,20	0,64	32,20	0,82	40,95
3	0,71	23,20	0,82	27,20	1,04	34,55
4	0,84	21,10	0,96	24,10	1,22	30,80
5	0,96	19,20	1,10	21,95	1,39	27,85
6	1,07	17,80	1,22	20,30	1,55	25,80
7	1,17	16,65	1,33	19,05	1,69	24,20
8	1,26	15,75	1,44	18,00	1,83	22,85
9	1,35	15,00	1,54	17,15	1,96	21,75
10	1,43	14,35	1,64	16,40	2,08	20,80
12	1,60	13,30	1,82	15,20	2,32	19,30
14	1,74	12,45	1,99	14,20	2,53	18,05
16	1,89	11,80	2,15	13,45	2,74	17,10
18	2,02	11,20	2,30	12,80	2,92	16,25
20	2,14	10,70	2,45	12,25	3,11	15,55

Fonte: (BERTONI; LOMBARDI, 2014, p. 132).

Em seu “Manual técnico de manejo e conservação do solo e água – Volume IV”, a CATI apresenta uma equação para o cálculo dos espaçamentos entre terraços. A equação é semelhante a apresentada por Bertoni, mas desta vez leva em consideração o uso e manejo do solo adotado (LOMBARDI NETO; DRUGOWICH, 1994a. P. 23).

$$EV = 0,4518 \times K \times D^{0,58} \times \frac{(u + m)}{2}$$

Onde:

EV = Espaçamento Vertical (m);

K = Constante para cada tipo de solo;

D = Declividade do terreno, em porcentagem (%);

u = Fator de uso do solo;

m = Fator de manejo do solo;

A constante K é fornecida no “Manual técnico de manejo e conservação do solo e água – Volume IV” da CATI que relaciona as constantes com os grupos de solo e apresenta suas características.

Os grupos de solos foram classificados conforme suas resistências ao processo de erosão. A resistência do solo depende de fatores como profundidade, permeabilidade, textura e razão da textura. A classificação resultou em quatro grupos, sendo:

Grupo A – Resistência Alta;

Grupo B – Resistência Moderada;

Grupo C – Resistência Baixa;

Grupo D – Resistência Muito Baixa;

O fator “uso do solo” refere-se ao índice que foi obtido levando-se em consideração as perdas de solo e água por erosão para as principais culturas. As principais culturas foram estudadas e reunidas em sete grupos, que estão disponíveis no manual no “Manual técnico de manejo e conservação do solo e água – Volume IV” da CATI.

Quadro 4 – Agrupamento de solos segundo suas qualidades, características e resistência à erosão e seus respectivos índices.

G r u p o	Grupo de resistência a erosão	Principais Características				K índice
		Profundidade	Permeabilidade	Textura	Razão Textural ⁽¹⁾	
A	alto	muito profundo (> 2,0m) ou profundo (1,0 a 2,0)	rápida/rápida moderada/rápida	média/média muito argilosa/muito argilosa argilosa/argilosa	< 1,2	1,25
B	moderado	profundo (1,0 a 2,0)	rápida/rápida rápida/moderada	arenosa/arenosa arenosa/média arenosa/argilosa média/argilosa argilosa/muito argilosa	1,2 a 1,5	1,10
C	baixo	profundo (1,0 a 2,0) moderadamente profundo (0,5 a 1,0m)	lenta/rápida lenta/moderada rápida/moderada	arenosa/média ⁽²⁾ média/argilosa ⁽³⁾ arenosa/argilosa arenosa/muito argilosa	> 1,5	0,90
D	muito baixo	moderadamente profundo (0,5 a 1,0m) ou raso (0,25 a 0,5)	rápida, moderada ou lenta sobre lenta	muito variável	muito variável	0,75

⁽¹⁾ Média da porcentagem de argila do horizonte B (excluindo B3) Sobre média da porcentagem de argila de todo horizonte.

⁽²⁾ Somente com mudança textural abrupta entre os horizontes A e B.

⁽³⁾ Somente aqueles com horizonte A arenoso.

Fonte: adaptado de (LOMBARDI NETO; DRUGOWICH, 1994a, p. 24)

Quadro 5 – Grupo de culturas e seus respectivos índices

Grupo	Culturas	Índice
1	feijão, mandioca e mamona	0,50
2	amendoim, algodão, arroz, alho, cebola, girassol e fumo	0,75
3	soja, batatinha, melancia, abóbora, melão, e leguminosas para adubação verde	1,00
4	milho, sorgo, cana-de-açúcar, trigo, aveia, centeio, cevada, outras culturas de inverno e frutíferas de ciclo curto, como o abacaxi	1,25
5	banana, café, citros e frutíferas permanentes	1,50
6	pastagens e/ou capineiras	1,75
7	reflorestamento, cacau e seringueira	2,00

Fonte: (LOMBARDI NETO; DRUGOWICH, 1994a, p. 24)

O preparo do solo e manejo dos restos culturais também é fator que influencia nos distanciamentos dos terraços, o “Manual técnico de manejo e conservação do solo e água – Volume IV” da CATI apresenta quadro em que reuni em grupos as técnicas e equipamentos de preparo, apresentando o índice a ser utilizado na equação para cálculo das distâncias dos terraços. A seguir apresentamos o quando extraído do manual.

Quadro 6 - Índice de preparo do solo e manejo de restos culturais com seus respectivos índices.

Manejo do Solo				
Grupo de Preparo Primário		Preparo Secundário	Restos Culturais	Índices
1	Grade aradora (ou pesada) ou enxada rotativa	Grade niveladora	Incorporados ou queimados	0,50
2	Arado de disco ou aiveca	Grade niveladora	Incorporados ou queimados	0,75
3	Grade leve	Grade niveladora	Parcialmente incorporados com ou sem rotação de culturas	1,00
4	Arado escarificador	Grade niveladora	Parcialmente incorporados com ou sem rotação de culturas	1,50
5	Não tem	Plantio sem revolvimento do solo, roçadeira rolo-faca, herbicidas (plantio direto)	Superfície do terreno	2,00

Fonte: (LOMBARDI NETO; DRUGOWICH, 1994a, p. 25)

Lombardi Neto e Drugowich (1994a, p.26) apresentaram no “Manual técnico de manejo e conservação do solo e água – Volume IV” a equação na qual podemos calcular o espaçamento horizontal entre terraços pela equação abaixo:

$$EH = \frac{100 \times EV}{D}$$

Onde:

EH = Espaçamento Horizontal (m);

EV = Espaçamento Vertical (m);

D = Declividade expressa em porcentagem (%).

Como forma de apresentar dados para uma consulta rápida, o “Manual técnico de manejo e conservação do solo e água – Volume IV” da CATI apresentou tabela dos espaçamentos calculados através das equações apresentadas considerando $(u + m)/2$ igual a 1,00.

Tabela 2 - Espaçamento entre terraços para $(u+m)/2$ igual a 1,00.

Declive %	TERRAÇOS EM NÍVEL				TERRAÇOS EM DESNÍVEIS				Declive%
	SOLO				SOLO				
	A		B		C		D		
	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	1
2	42,20	0,84	37,20	0,74	30,40	0,61	25,30	0,51	2
3	35,60	1,07	31,30	0,94	25,60	0,77	21,40	0,64	3
4	31,60	1,26	27,80	1,11	22,70	0,91	18,90	0,76	4
5	28,70	1,44	25,30	1,26	20,70	1,03	17,20	0,86	5
6	26,60	1,60	23,40	1,40	19,20	1,15	16,00	0,96	6
7	24,90	1,75	22,00	1,54	18,00	1,26	15,00	1,05	7
8	23,60	1,89	20,80	1,66	17,00	1,36	14,20	1,13	8
9	22,40	2,02	19,80	1,78	16,20	1,45	13,50	1,21	9
10	21,50	2,15	18,90	1,89	15,50	1,55	12,90	1,29	10
11	20,60	2,27	18,20	2,00	14,90	1,63	12,40	1,36	11
12	19,90	2,39	17,50	2,10	14,30	1,72	11,90	1,43	12
13	19,20	2,50	16,90	2,20	—	—	—	—	13
14	18,60	2,61	16,40	2,30	—	—	—	—	14
15	18,10	2,72	—	—	—	—	—	—	15
16	17,60	2,82	—	—	—	—	—	—	16

EV – Espaçamento vertical em metros
EH – Espaçamento horizontal em metros

Fonte: (LOMBARDI NETO; DRUGOWICH, 1994a, p. 26)

Conforme consulta a carta apresentada na figura anterior, para a região de Presidente Prudente podemos esperar uma chuva máxima de 120 mm em um intervalo de um dia para o período de 10 anos.

Uma vez conhecido a chuva máxima esperada, é preciso calcular o volume de enxurrada esperada para esta chuva máxima. Para o cálculo do volume de enxurrada esperada, podemos utilizar a equação proposta no “Manual técnico de manejo e conservação do solo e água – Volume IV” da CATI. (LOMBARDI NETO; DRUGOWICH, 1994a, p. 31)

$$V = A \times h \times c$$

Onde:

V = é o volume máximo de enxurrada em (m³);

A = é a área a ser drenada (m²);

h = chuva máxima esperada para um dia (m);

c = é o coeficiente de enxurrada;

O coeficiente de enxurrada também é apresentado por Lombardi Neto e Drugowich (1994a, p.31) em função dos tipos de cobertura vegetal/uso, tipos de solo e grau de declividade conforme quadro abaixo a seguir:

Quadro 7 – Coeficiente (c) de enxurrada para diferentes solos, usos e manejos.

Cobertura vegetal e Declive do terreno			Solos			
			A	B	C	D
FLORESTA	Plano	(0-5%)	0,10	0,20	0,30	0,40
	Ondulado	(5-10%)	0,25	0,30	0,40	0,50
	Acidentado	(10-30%)	0,30	0,40	0,50	0,60
PASTAGEM	Plano	(0-5%)	0,10	0,20	0,30	0,40
	Ondulado	(5-10%)	0,15	0,30	0,40	0,55
	Acidentado	(10-30%)	0,25	0,35	0,50	0,60
CULTIVADO	Plano	(0-5%)	0,30	0,40	0,50	0,60
	Ondulado	(5-10%)	0,40	0,50	0,60	0,70
	Acidentado	(10-30%)	0,50	0,60	0,70	0,80

Fonte: (LOMBARDI NETO; DRUGOWICH, 1994a, p. 31)

Finalmente, após conhecermos o volume máximo de enxurrada, é possível obtermos a seção média transversal do terraço $S_{med}(m^2)$ utilizamos a seguintes equações:

$$V(m^3) = A(m^2) \times h(m) \times c \quad (1)$$

$$A(m^2) = EH(m) \times \text{comprimento linear dos terraços}(m) \quad (2)$$

Onde:

V = é o volume máximo de enxurrada em (m^3);

A = é a área a ser drenada (m^2);

h = chuva máxima esperada para um dia (m);

c = é o coeficiente de enxurrada; (Ver quadro 7)

EH = Espaçamento Horizontal (m);

Substituindo a equação (2) na equação (1) Temos:

$$V(m^3) = EH(m) \times \text{comprimento linear dos terraços}(m) \times h(m) \times c \quad (3)$$

Para obtermos a seção média transversal do terraço $S_{med}(m^2)$ basta dividirmos o volume máximo de enxurrada para o terraço pelo comprimento linear do terraço.

Portanto:

$$\frac{V(m^3)}{\text{comprimento linear dos terraços}(m)} = EH(m) \times h(m) \times c \quad (4)$$

$$S_{med}(m^2) = EH(m) \times h(m) \times c \quad (5)$$

2.9.4 Considerações sobre a construção dos terraços

Somente após realizada a escolha das características do terraço, realizado o cálculo das distâncias dos canais e o dimensionamento do canal do terraço, é que se inicia a construção dos terraços, é importante destacar que ao final as estruturas devem apresentar as características projetadas, devendo-se fazer o uso dos equipamentos conforme necessário.

Em terraços de contenção (em nível), deve-se ter o cuidado para que ao final tenha-se uma borda livre de camalhão de ao menos 0,15 m com relação ao nível máximo da água como medida de segurança.

Em terraços de contenção, também é possível construir medidas de extravasamento, para emergências quando o limite de armazenamento venha a ser ultrapassado. Para isso pode-se escolher pontos variados, em locais do terreno bem estabilizados e vegetados.

Ao calcular as dimensões do canal, é comum realizar um acréscimo de 10% nos valores obtidos como método de segurança.

2.10 Conservação e recuperação de estradas rurais

2.10.1 As estradas rurais

No caderno de estudos em conservação do solo e água, Zoccal e Silva (2016, p. 29) definem estrada rural como sendo a “via de circulação (municipal) que interliga a área rural ao sistema viário urbano e/ou ao sistema viário estadual e federal”.

Podemos ainda complementar que as estradas rurais de terra são aquelas estradas que interligam áreas rurais e que não possuem revestimento asfáltico e em sua maioria sem um projeto geométrico definido, uma vez que foram abertas em períodos da colonização do território e se priorizava os acessos as estruturas fundiárias (DEMARCHI et al., 2003, p.16).

Como parte do escopo de nosso estudo, a estrada rural tem importância fundamental, uma vez que, devido a suas inter-relações com o ambiente, ela pode se apresentar como um problema ambiental. As estradas influenciam nos escoamentos das águas superficiais, e no caso da estrada rural de terra também sofrem processos erosivos, disponibilizando sedimentos que quando carregados aos corpos d'água ocasionam assoreamentos e diminuição da qualidade da água.

Lombardi Neto e Drugowich (1994b, p. 2) mencionam que: “A construção de estradas, pelo simples fato de eliminar a cobertura vegetal e impermeabilizar o solo, seja pela compactação, seja pela cobertura asfáltica, constitui um forte fator predisponente a erosão”.

Conforme dados do Departamento de Estradas de Rodagem (DER) de São Paulo de outubro de 2020, o estado possui 199.960 quilômetros de estradas, dos quais 162.198 são estradas de terra, ou seja 81,11% das estradas paulistas não possuem revestimentos asfálticos (SÃO PAULO, 2020).

Tal dado, somado ao fato do potencial que as estradas possuem de gerar erosão, sobretudo as estradas de terra, bem como a importância delas para as comunidades, corrobora com a necessidade de se aplicar técnicas que controlem os danos causados pelas estradas ao solo e a água e permitam que seus usuários obtenham os seus funcionamentos ao longo de todo o ano.

A necessidade de manter uma estrada rural com boas condições pode ser abordada basicamente do ponto de vista ambiental, social e econômico (ZOCCAL, SILVA, 2016, p. 34).

A abordagem ambiental trata dos benefícios que as estradas bem construídas trazem ao ambiente ao evitar danos e contribuírem com a infiltração da água nos aquíferos.

Do ponto de vista social, uma estrada de boa qualidade permite o deslocamento das comunidades lindeiras durante todos os períodos do ano, permitindo acesso a serviços como educação e saúde, e contribuindo para a fixação de comunidades no campo. Já do ponto de vista econômico, uma estrada rural adequada, permite o desenvolvimento de comércio, permite o escoamento da produção, bem como possui baixo custo de manutenção.

A seguir abordaremos alguns dos aspectos mais importantes da manutenção e adequação das estradas rurais dando ênfase as etapas a serem aplicadas no programa produtor de água, esta revisão teórica não busca exaurir todo assunto, uma vez que este é muito diversificado e extenso, apenas elucidar quanto as técnicas que serão utilizadas no processo de adequação do trecho em questão, dentro do escopo do projeto, seja no dimensionamento e nos orçamentos que compõem o projeto e das etapas da obra.

2.10.2 Principais características das estradas rurais de terra

Definir quais devem ser as características ideais esperadas de uma estrada rural é muito importante pois estabelece critérios para que se possa avaliar e classificar estradas ou trechos de estradas rurais. Santos e Morano (2019, p. 15) destacam que as características técnicas essenciais de uma estrada rural são:

- Drenagem Superficial;
- Capacidade de Suporte
- Capacidade de Rolamento
- Aderência.

A estrada pode ser avaliada conforme a eficiência de cada uma de suas características de modo que se tenha a dimensão da qualidade geral da estrada.

A característica de drenagem superficial refere-se ao sistema de drenagem das águas da pista da estrada, o sistema de drenagem superficial normalmente é composto pela elevação de greide e abaulamento da pista de rolamento, sarjetas, lombadas, segmentos de terraços e bacia de captação. Conforme Santos e Morano (2019) a drenagem superficial é um dos aspectos mais importantes da estrada pois quando deficiente compromete todos os demais, uma drenagem deficiente danifica a pista de rolamento, forma sulcos profundos, e compromete a manutenção periódica, também é a responsável pela erosão do leito da estrada e carregamento de sedimentos para os corpos hídricos.

A capacidade de suporte, refere-se a carga suportada pela pista de rolamento sem que esta, se deforme, Santos e Morano (2019) concluem que uma boa capacidade de suporte é resultante de um solo adequadamente compactado podendo ou não conter materiais granulares. No manual “Estradas vicinais de terra: Manual técnico para conservação e recuperação” do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), Santos et. al. (2019) afirmam que os materiais granulares (areia, cascalho, etc.) são os mais indicados para se garantir uma boa capacidade de suporte, mas recordam que mesmo na presença deste, a compactação é fundamental.

A característica referente a condição de rolamento se deve a regularidade da pista de rolagem, ausências de imperfeições, rodeiros, saliências e buracos. Já a característica de boa aderência está relacionada ao atrito dos pneus com o solo. Santos e Morano (2019) citam que a presença de lama, umidade e materiais granulares soltos na pista reduzem a aderência, resultando em riscos aos usuários da estrada. Uma boa aderência não permite a patinação das rodas dos veículos. (SANTOS et. al. 2019)

2.10.3 Problemas em estradas rurais de terra

Os problemas apresentados pelas estradas rurais se devem a ausência de alguma de suas características fundamentais. Mas, dentre todos os problemas que a estrada possa apresentar, a grande maioria se deve a problemas de falta de drenagem da estrada.

O problema de deficiência na drenagem resulta em uma série de consequência que implicam no agravamento das características técnicas essenciais da estrada. Estradas sem drenagem eficiente sofre com processo erosivo, que resulta em carreamento de material da pista e formação de ravinas, reduzindo a aderência e capacidade de rolamento da pista.

O material depositado nas baixadas forma bancos de areia, reduzindo a aderência e dificultando o tracionamento dos pneus.

É fundamental em todos os trabalhos que visam melhorar as condições das estradas rurais priorizarem as condições de drenagem das estradas.

2.10.4 Definições quanto as intervenções

Existem diferentes formas e termos para designar intervenções que se pode realizar em uma estrada rural de terra com objetivo de manter ou melhorar as suas condições características, Zoccal e Silva (2016, p. 30) descrevem os principais termos utilizados pelos profissionais

Manutenção: Consiste em um conjunto de técnicas que visam manter as condições de utilização da estrada rural bem como os benefícios dela decorrentes, são atividades pontuais ou de pequena escala, se enquadram em atividade de manutenção as limpezas de canais, terraços e bacias, a correção da pista de rolamento, a reposição de materiais granulares, entre outros (ZOCCAL, SILVA, 2016, p. 30).

Recuperação: É um conjunto de atividades que visam reestabelecer as condições de uso com segurança às estradas que se encontram em estado crítico (ZOCCAL, SILVA, 2016, p. 30).

Adequação: É o termo que designa um determinado conjunto de serviços ou obras, dimensionados em projetos, considerando diferentes aspectos, e que promovam a melhorias das características das estradas (ZOCCAL, SILVA, 2016, p. 30).

Conservação: É um conjunto de práticas que visam a recuperação ou a adequação de uma estrada rural (ZOCCAL, SILVA, 2016, p. 30).

2.10.5 Informações sobre a estrada

Todo processo de intervenções necessita de um reconhecimento inicial quanto as condições físicas da estrada, além desse reconhecimento é preciso que se tenha conhecimento sobre a importância econômica e social da estrada a fim de se projetar adequadamente as suas dimensões.

Além das informações da estrada, outra informação importante ao se planejar a intervenção em uma estrada rural é a quantidade de recursos financeiro e técnico disponíveis para se aplicar. Ser assertivo na escolha das técnicas e no tipo de intervenção é fundamental, é muito comum que por falta de recurso não seja possível aplicar todas as medidas que caracterizam uma adequação, sendo muitas vezes aplicada apenas manutenções emergenciais, por outro lado, destinar volumosos recursos em adequações de estradas onde este não é o melhor custo-benefício, pode comprometer recursos necessários a outras localidades (DEMARCHI et al., 2003, p.17).

Dentre as informações necessárias para se planejar uma intervenção em estrada rural podemos citar:

Informação quanto a topografia (Relevo): Estradas em divisores são estradas que por acompanharem o desenho do topo de colinas são mais sinuosas, mas em compensação possuem menos aclives e declives, quando os possuem são menos acentuados e de pequenas extensões, por esse motivo costumam apresentar pouco processos erosivos.

As estradas em aclive e declive são estradas que em sua construção não consideraram a topografia do local, normalmente são mais retilíneas e por esse motivo cortam a topografia do local. Normalmente possuem pontos com gradientes muito acentuados de declividade, além de lançantes muito longas, sofrendo assim elevado processo erosivo, o que ao longo do tempo resulta na característica da estrada se encaixar entre barrancos.

Já as estradas de meia encostas, são estradas em locais de morros ou topografia muito íngremes, são estradas escavadas em terrenos íngremes recebendo contribuição de muita água de áreas lindeiras, exigindo sistema de drenagem para grandes volumes de água.

Informações quanto ao tipo de solo: Como em uma estrada de terra não existe revestimento asfáltico, a água escoar diretamente sobre a pista de terra, desta forma acontece o processo erosivos, conhecer o tipo de solo favorece o dimensionamento correto das estruturas de drenagem, bem como a composição e compactação necessária para o revestimento primário quando houver.

Informações quanto ao clima do local: Como parte de um projeto de adequação de estradas rurais de terra envolve o dimensionamento das estruturas de drenagem, tanto a superficial como a drenagem profunda, é necessário se conhecer o regime de chuvas (intensidade e periodicidade) do local.

Conhecer o clima também favorece a execução da obra, pois obras de terraplanagem executadas em períodos chuvosos tendem a ser mais demoradas, por outro lado, logos períodos de seca, endurecem o solo exigindo mais esforço mecânico de equipamentos e dificultando a compactação.

Informações quanto aos usuários: O objetivo da existência de uma estrada é a de ser utilizada pela comunidade para seus deslocamentos, é a sua finalidade, portanto ao se adequar uma estrada deve-se estar atento a quantidade de veículos diários que circulam pelo local.

Prever de forma assertiva quais serão os tipos de veículos que irão passar pela estrada, levando em conta seu tamanho e peso é fundamental. Por exemplo, regiões de agroindústria, que demandam caminhões de grande porte necessitam de condições de tráfego diferentes das regiões onde predominam a agricultura familiar, conhecer bem as características dos usuários da via irá permitir proporcionar as condições ideais aos usuários ao final da adequação e a durabilidade da estrada.

Informações quanto as adjacências: Conhecer as características dos entornos e os impactos mútuos com a estrada é um dos fatores mais importantes no planejamento de uma adequação, existem inúmeras condições ora facilitadoras, ora impeditivas que influenciam nos projetos e nas condições finais de uma estrada, podemos citar alguns exemplos como, edificações próximas, culturas permanentes lindeiras, áreas com contribuições hídricas para a estrada, presença de reservas florestais lindeiras, corpos hídricos, disponibilidades de locais para desagues, etc. Conhecer as adjacências permitirá que o projeto contemple ações adequadas resultando em uma estrada funcional e eficiente.

2.10.6 Adequação de estradas rurais de terra

Conforme definido anteriormente, a atividade de adequação de estrada rural consiste em um conjunto de serviços ou obras, dimensionados em projetos, considerando diferentes aspectos, e que promovam a melhorias das características das estradas (ZOCCAL, SILVA, 2016, p. 30).

Em sua publicação, “Manual 77 - Adequação de Estradas Rurais” desenvolvido para o Programa Estadual de Microbacias Hidrográficas, a CATI classifica as tecnologias empregadas na adequação de estrada rurais como Tecnologia Tradicional e Tecnologias Alternativas (DEMARCHI et al., 2003, p.21).

Na classe de tecnologias alternativas são relacionadas atividades aplicadas nas adequações de trecho onde, por um critério técnico ou por inviabilidade econômica não é possível aplicar as tecnologias tradicionais.

Neste estudo, tendo em vista as condições da estrada abordada, trataremos somente das tecnologias convencionais, a qual podemos descrevê-las conforme relacionadas abaixo.

Basicamente a adequação de uma estrada rural é composta pela etapa de elaboração de projeto e de execução da obra (ZOCCAL, SILVA, 2016, p. 30).

2.10.6.1 Etapa de elaboração de projeto

A etapa de elaboração de projeto é composta basicamente por:

Estudo do local: Nesta etapa são reunidas as informações necessárias para o projeto, tal como levantamentos planialtimétricos cadastral, estudos do solo, estudo do clima, estudos das adjacências e seus impactos, informações administrativas sobre a estrada, etc.

Elaboração de planta georreferenciada: Confecção das plantas do local a serem utilizadas nos dimensionamentos e nas locações das estruturas.

Elaboração do plano de obra: Nesta etapa são selecionadas e dimensionadas as atividades necessárias e as medidas técnicas que serão executadas para a adequação da estrada, resultando um documento contendo os seguintes dimensionamentos (ZOCCAL, SILVA, 2016, p. 41).

- Dimensionamento das mobilizações e desmobilizações de equipamentos;
- Dimensionamento das faixas de limpeza;
- Dimensionamento do volume de limpeza;
- Dimensões e estimativa de terraplanagem;
- Dimensionamento e estimativa de revestimento primário;
- Dimensionamento de obras complementares;
- Dimensionamento das atividades técnicas de topografia e coordenação técnica;

O plano de obra também contém em ordem cronológica as etapas previstas para a execução da obra, considerando as tecnologias tradicionais, as etapas mais comuns são:

- Mobilização e desmobilização de equipamentos e materiais.
- Limpeza e bota fora da faixa de trabalho.
- Construção de drenagem profunda ou instalação de tubulações.
- Terraplanagem.
- Construção da pista.
- Construção das estruturas de drenagem superficial.
- Devolução da reserva de terra vegetal.
- Sinalização da via.

Por fim, o plano de obra deverá conter para o acompanhamento técnico, o cronograma de execução das atividades apresentando o tempo previsto para realização de cada uma delas.

2.10.6.2 Etapa de execução da obra

A etapa de execução da obra é composta basicamente por:

Mobilização e desmobilização de equipamentos e materiais: Consiste no transporte dos equipamentos e materiais necessários para a atividades, além das equipes de trabalhadores.

Locação da faixa de trabalho: Consiste na demarcação das áreas que serão escavadas nas atividades de adequação das estradas além de espaço para a manobra das máquinas, a locação da faixa é feita através de estacas de sinalização pelos topógrafos, tem como objetivo indicar aos operadores de máquina onde deverá ser realizado a limpeza da faixa de trabalho.

Limpeza e bota fora da faixa de trabalho: A limpeza da faixa de trabalho consiste na raspagem e reserva em leiras de camada superficial de solo, com profundidade de 0,20 a 0,40 metros.

A limpeza das faixas é realizada com máquinas de terraplanagem dentro das delimitações das estacas e possui duas funções, a primeira é remover a camada de matéria orgânica do solo e a vegetação que não podem ser utilizadas para aterramento no perfil longitudinal da estrada, a segunda é reservar o solo adequado (nobre) para a agricultura o qual será devolvido ao mesmo local após as etapas de aterramento necessárias.

Construção de drenagem profunda ou instalação de tubulações: Somente quando é necessário a implantação de dispositivos de drenagem profunda ou linhas de tubo, é extremamente vantajoso que se instale esses dispositivos antes da etapa da terraplanagem. Esta etapa é realizada por pedreiros e auxiliares sob supervisão.

Terraplanagem: Esta etapa consiste no corte do talude e aterro do leito da estrada, basicamente realiza-se a “quebra” do barranco da estrada já limpos e deposita-se o material no leito, este solo, por se tratar de um solo profundo, em geral apresenta características físicas adequadas para suporte e compactação

A terraplanagem é realizada por máquinas de terraplanagem preferivelmente de grande porte para maior produtividade. A terraplanagem possui basicamente duas

funções, proporcionar solo de boa qualidade para o leito da estrada e proporcionar características geométricas para os taludes da estrada que permitam a construção de estruturas para a drenagem superficial.

Locação das pistas: Após a adequação da plataforma da estrada é realizada a locação da pista de rolamento. A locação da pista consiste na demarcação das laterais e do eixo da pista para que os operadores possam realizar a conformação. A locação é realizada pelo topógrafo da obra conforme o eixo preexistente da estrada e mantendo a largura do projeto. São utilizadas estacas para a locação.

Construção da pista: A construção da pista consiste em realizar a conformação da pista de rolamento e das canaletas de drenagem, mantendo o abaulamento necessário para a drenagem da pista.

O abaulamento é realizado com o emprego de motoniveladora, balizando-se pelas estacas da locação. Ao final do procedimento o topógrafo realiza as conferências da geometria construída utilizando-se para isso conjunto de níveis de precisão. Não estando de acordo com o previsto em projeto, realiza-se a correção.

Locação das estruturas de drenagens: Uma vez concluída a pista de rolamento, inicia-se a locação das estruturas de drenagem. As estruturas de drenagem são dispositivos construídos em terra que direcionam (Camalhões/lombadas ou canais) ou armazenam (Bacias ou terraços) o fluxo de enxurrada da estrada de forma a diminuir ou evitar o processo erosivo decorrente deste, as estruturas podem ser de desvios e direcionamento tais como as lombadas e canaletas, ou estruturas de armazenamento como os terraços e as bacias.

A locação das estruturas consiste no posicionamento com sinalização por estacas, através do emprego de níveis de precisão e trena, dos locais e das dimensões das estruturas, respeitando as dimensões e distâncias previstas em projeto, a locação tem como objetivo orientar os operadores quanto aos locais e dimensões para a construção, esta atividade é realizada por topógrafos com base nas informações do projeto.

Construção das estruturas de drenagem superficial: A construção das estruturas é a etapa na qual são construídos os dispositivos de drenagem previstos em projetos e que foram locados no terreno pelo topógrafo.

A construção é realizada com o emprego de máquinas de terraplanagem, o qual podem ser escavadeiras, pás carregadeiras, tratores de esteiras, caminhões basculantes, entre outras.

A construção é realizada por operadores de máquinas treinados e familiarizados com as demarcações estaqueadas.

Durante o processo de construção das estruturas é realizado o acompanhamento por parte do topógrafo, o qual as inspeciona e mede, verificando se as estruturas estão dentro das dimensões estabelecidas no projeto.

Revestimento primário: Após a construção das estruturas é realizado a etapa de revestimento primário da pista, nesta etapa são realizados o lançamento, a mistura e a compactação do material granular para compor o revestimento da pista. Esta etapa é realizada com um conjunto de equipamentos composto por motoniveladora, caminhão basculante, pá carregadeira, trator com grade, caminhão pipa e rolo compactador. O revestimento é realizado lançando-se o material granula na lista de rolamento devidamente demarcada, em seguida o material é espalhado, umedecido e incorporado ao solo pela grade rotativa, por fim o material é conformado, compactado e regularizado, formando assim a pista de rolamento da estrada.

Devolução da reserva de terra vegetal: A devolução da reserva de terra vegetal consiste na reposição do solo que foi reservado na etapa de limpeza, o material é esparramado sobre o solo trabalhado de forma a repor a sua fertilidade, esta etapa é realizada utilizando-se das máquinas de terraplanagem, o qual podem ser empregadas pá carregadeira, máquinas de esteiras ou motoniveladoras.

Sinalização da via: Por fim, realiza-se a sinalização fixa da via tendo em vistas orientar e advertir os usuários quanto a segurança da estrada.

Sinalização de segurança da obra: A sinalização da obra é uma etapa de segurança que ocorre concomitantemente com todas as etapas da obra, consiste em realizar a sinalização, os bloqueios e os desvios necessários a garantir a segurança dos usuários da estrada e dos trabalhadores envolvidos na obra, deve ser realizada com rigorosa observância das normas de segurança do trabalho, da legislação de trânsito e estar previstas nos programas de segurança da obra.

2.10.7 Cálculos e dimensionamentos do projeto de estradas rurais de terra

O projeto da estrada contempla as dimensões de todos os componentes da estrada, que por sua vez impactam na quantidade de trabalho a ser realizado, na quantidade de insumos e no custo final da adequação. Portanto a etapa crítica da elaboração do projeto de adequação das estradas rurais de terra é o dimensionamento das intervenções, da quantidade e do tamanho das estruturas a serem construídas.

2.10.7.1 Dimensionamento da plataforma da estrada

Conforme Santos e Morano (2019, p. 20) a plataforma da estrada é a “seção transversal que contém a pista de rolamento mais os espaços ocupados pelos canais de drenagem”.

A largura (domínio) de uma estrada é definida quando em sua abertura, é documentada pela prefeitura do município, e normalmente está registrada em cartório, portanto, ao se adequar uma estrada rural, é preciso conhecer a priori as informações da estrada, tais como códigos, dimensões, a quem pertence a estrada e seus confrontantes.

As fontes mais adequadas destas informações são os dados cadastrais e cartográficos disponíveis nas prefeituras municipais. É preciso que se tenha em mão as informações oficiais das estradas a fim de se evitar equívocos e conflitos de interesse decorrentes da execução da adequação da estrada.

As dimensões mais comuns de estradas rurais no interior de São Paulo são de 8 metros, 10 metros e 12 metros de largura. Uma vez reconhecida a largura do domínio da estrada é que se dimensiona a plataforma a ser construída. A pista de rolamento preferencialmente deve possuir 7 metros de largura, ficando restante disponível para a construção das canaletas.

2.10.7.2 Dimensionamento da faixa de trabalho

Com objetivo de permitir a adequação da plataforma e da pista de rolamento, além de criar as condições de drenagem da estrada, é necessário que se faça a suavização dos taludes, (quebra dos barrancos), para isso é preciso realizar a limpeza da faixa de trabalho e posterior corte e aterro dos barrancos da estrada.

É impossível prever com exatidão a quantidade de solo que será movimentado em uma adequação, contudo é possível calcular com um certo grau assertividade as faixas que serão trabalhadas com base na altura dos barrancos da estrada conforme equação proposta por Zoccal e Silva (2016, p 23).

$$Fc = \frac{2}{3} \times h \times S$$

Onde:

Fc = Faixa de corte (m);

h = Altura do barranco (m);

S = Relação de corte, (3: 1 até 5: 1);

$$Fl = Fc + Fm$$

Onde:

Fl = Faixa de limpeza (m);

Fc = Faixa de corte (m);

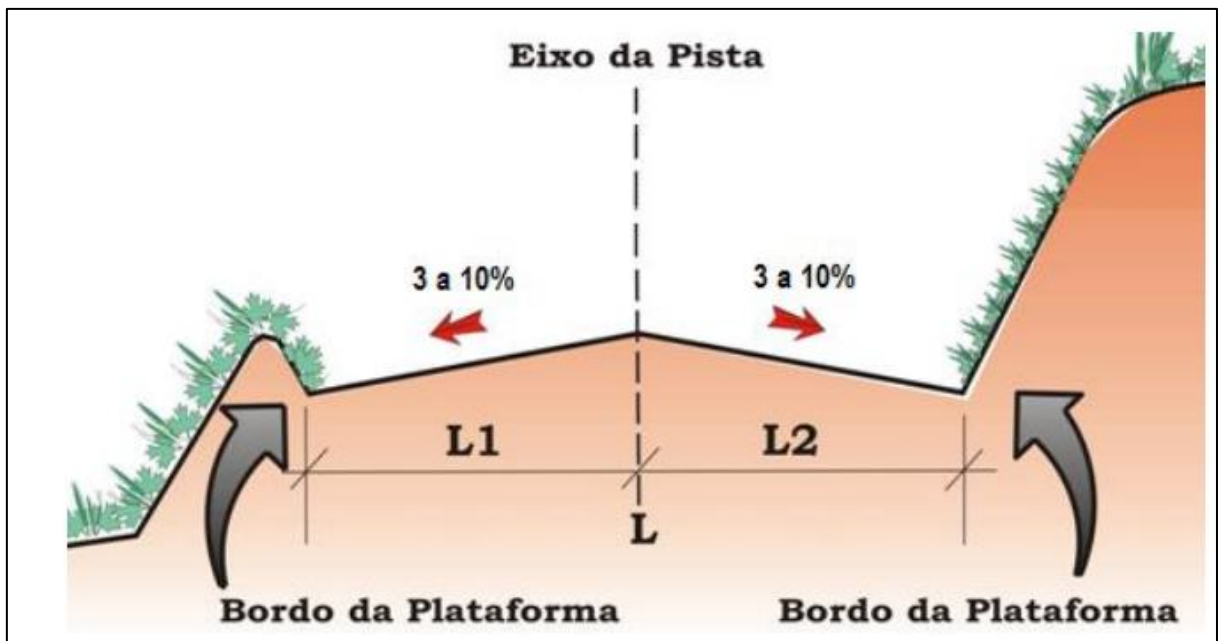
Fm = Faixa de manobra (m);

2.10.7.3 Dimensionamento do abaulamento da pista de rolamento da estrada

A pista de rolamento é a faixa da seção transversal da plataforma destinada ao tráfego de veículos, ela deve possuir capacidade de suporte adequado e boa aderência, a pista de rolamento também deve possuir uma geometria que possibilite a drenagem da pista sem comprometer a segurança dos veículos.

A característica geométrica da pista de rolamento que possibilita a drenagem segura é denominada abaulamento, se caracteriza por uma pequena elevação no nível do eixo da pista fazendo que a água escoe para as laterais. A figura a seguir extraída da publicação “Recuperação e Manutenção de Estradas Rurais” da Companhia de Desenvolvimento Agrícola de São Paulo (CODASP) demonstra o perfil desejável da pista de rolamento da estrada.

Figura 4 – Perfil transversal da pista de rolamento (abaulamento)



Fonte: Santos e Morano (2019, p. 21, apud BAESSO; GONÇALVES, 2003)

A geometria do abaulamento da pista de rolamento deve atender aos limites de declividade propostos por Santos e Morano (2019, p. 20) e apresentada no quadro 8.

Quadro 8 - Abaulamento máximo e mínimo em função da declividade da rampa.

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

Fonte: Santos e Morano (2019, p. 14)

2.10.7.4 Dimensionamento das distâncias entre camalhões (lombadas) e/ou terraços

Com base nos princípios estudados do processo erosivo, onde ao aumentar o tamanho de uma rampa aumenta-se as perdas de solo devido a tensão provocada pelo escoamento da enxurrada, é fundamental realizar o parcelamento das lançantes para o controle deste processo.

Quando trabalhamos no controle de erosões nas estradas rurais de terra, adota-se a construção de camalhões (lombadas) com altura de 15 a 25 cm na pista de rolamento da estrada. Estas estruturas têm a função de seccionar a lançante da estrada, desviando assim a enxurrada da pista para os dispositivos de armazenamento que podem ser bacias de captação ou terraços.

É importante que os camalhões/lombadas sejam dispostos na pista de rolamento de tal forma que a enxurrada não tenha energia suficiente para danificar a pista, por outro lado, não é adequado a implantação de camalhões/lombadas em excesso, muito próximas entre si, pois acabam dificultam a trafegabilidade e encarecem a construção.

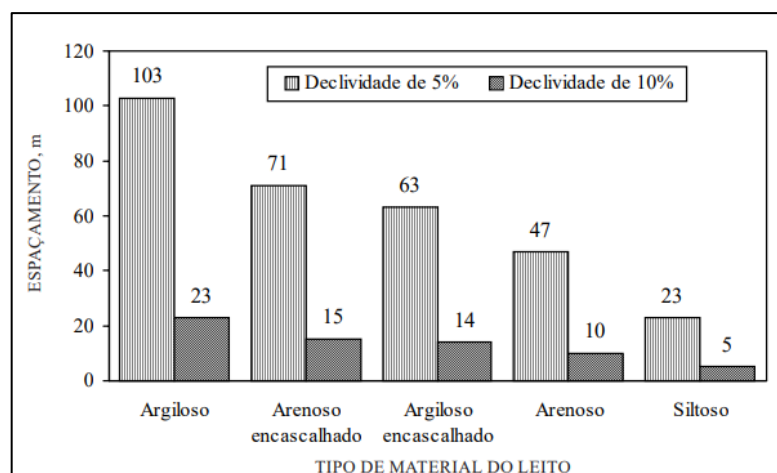
É comum que a posição de camalhões/lombadas coincida com a de desaguadouros (pontos de saída de água de canaletas/sarjetas da estrada) da estrada, portanto é válido adotar a literatura que aborda o cálculo das distâncias entres estes dispositivos também para os camalhões/lombadas.

A literatura que trata do seccionamento de lançante ou do espaçamento entre desaguadouros em estrada é muito escassa, dentre os trabalhos existentes encontra-se os de Griebeler et al. (2005), o qual utilizando-se de modelos matemáticos relacionou a tensão crítica para cisalhamento do solo, a tensão cisalhante causada pelo escoamento, a erodibilidade do solo e a área de perda para estimar a distância entre desaguadouros.

Griebeler et al. (2005), estabeleceram como espaçamento máximo entre desaguadouros, aquele obtido, comparando-se a perda de solo provocada pelo escoamento com a perda de solo tolerável. Sendo assim o comprimento máximo do canal é aquele para o qual a perda tolerável é atingida.

Desta forma os autores obtiveram os espaçamentos máximo entre desaguadouros para um aprofundamento de canal de no máximo 5 cm de tolerância. A figura 5 apresenta os dados resultados obtidos pelos autores.

Figura 5 - Espaçamentos obtidos por Griebeler et al. (2005) considerando declividades do canal de 5 e 10 % e um aprofundamento máximo (apm) de 5 cm.



Fonte: Griebeler et al. (2005)

Em se tratando da segmentação de lançantes, os dados obtidos por Griebeler et al. (2005) se aproximam dos valores de distanciamentos adotados para locação de camalhões. É comum em trabalhos de adequação de estradas rurais adotar como distancias entre camalhões, as distâncias que foram obtidas para cálculos de distâncias horizontais de terraceamento.

De forma prática, pode-se adotar uma tabela elaborada de forma empírica para o dimensionamento das distâncias entre camalhões na qual relaciona-se as declividades e as distâncias máximas e mínimas entre camalhões com base nas distâncias entre terraços.

2.10.7.5 Dimensionamento das estruturas de armazenamento (terraços)

As estruturas de armazenamento de enxurradas são dispositivos que captam e armazenam a água que escoam, favorecendo a sua infiltração no solo. As estruturas também podem conduzir para o talvegue as águas da chuva provenientes das sarjetas das estradas (DEMARCHI et al., 2003 p. 25).

As estruturas de armazenamento podem ser do tipo bacias de captação ou do tipo segmentos de terraço. A escolha de qual se deve utilizar depende das características do local. Deve-se considerar a disponibilidade de espaço e as técnicas de conservação de solo já empregadas no local.

Para a execução deste trabalho adotaremos apenas a técnica por seguimentos de terraços, uma vez estes dispositivos já são empregados no local de estudo.

Para o cálculo das dimensões do segmento de terraço devemos conhecer o volume total de água que o terraço deverá armazenar, para isso devemos considerar o volume de água proveniente da estrada, mas também, quando for o caso, o volume de água proveniente da propriedade lindeira que será drenada.

$$V_t = V_l + V_e$$

Onde:

V_t = Volume total armazenado (m^3);

V_l = Volume lindeiro (m^3) proveniente das áreas adjacentes à estrada;

V_e = Volume da estrada (m^3)

Para o dimensionamento do terraço de armazenamento, é importante se conhecer qual a seção de terraço que se pretende construir. Dependendo do equipamento que se pretende utilizar na construção é vantajoso do ponto de vista operacional que a construção mantenha uma profundidade de escavação constante para todos os terraços. Desta forma adota-se uma seção de terraço (*Smed*) e calcula-se o comprimento do terraço.

Quando se deseja manter um comprimento constante de terraços, basta calcular o tamanho mínimo de seção transversal para o comprimento desejado utilizando-se as equações abaixo:

$$Ve = EH \times \frac{\text{Largura da plataforma}}{2} \times h \quad (1)$$

$$Vl = EH \times \text{comprimento linear dos terraços} \times h \times c \quad (2)$$

$$Smed = \frac{Vt}{\text{Comprimento linear dos terraços}} \quad (3)$$

Neste trabalho não será apresentado o método de cálculo para dimensionamento de bacias de captação, para conhecimento do método, recomenda-se a consulta do “Manual técnico de manejo e conservação do solo e água – Volume V” da CATI (LOMBARDI NETO, DRUGOWICH, 1994b).

2.10.7.6 Cálculo da composição do revestimento primário

O revestimento primário é constituído por uma camada compactada de argila e material granular com espessura final variando de 10 a 20 cm. A espessura do revestimento deve ser determinada levando em conta a intensidade do tráfego e a formação do subleito. (SANTOS et al., 2019, p. 47)

O objetivo do material granular é aumentar o atrito e o suporte da pista, já o material argiloso age como material ligante e permitir a regularização da pista de rolamento.

Conforme Santos et al. (2019, p. 47) o tamanho ideal do grão do material granular é de 2,5 cm. É importante observar que, quanto maior os grãos utilizados, mais estável será o revestimento, mas também será maior a trepidação ao rodar pela pista.

Para o material argiloso ou ligante em geral utiliza-se o mesmo material da plataforma da estrada, sendo realizado o lançamento do material granular sobre a plataforma.

É recomendado que a mistura mantenha a proporção de 1 parte de argila para 2,5 partes de material granular (SANTOS et al., 2019, p. 47).

As proporções da mistura podem ser alteradas devido a disponibilidades de material, devido ao tamanho dos grãos disponíveis e devido a intensidade de tráfego da estrada, é comum a aplicação de 1 parte de argila para 1 de material granular com resultado muito satisfatório.

Como exemplo para o cálculo da quantidade de material granular, para um revestimento de 10 cm de espessura, na proporção de 1 de argila para 2,5 de material granular, é necessário 7,14 cm de espessura de material granular, neste caso, 1 km de pista com 6 metros de largura irá consumir 428 m³ de material por quilômetros.

3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada para elaboração deste estudo é composta por etapas, cada qual descrita a seguir:

- Etapa 1 – Apresentação do programa e dos requisitos do projeto Produtor de Água.

Os projetos foram baseados na necessidade de apresentação de projeto para a obtenção do apoio financeiro junto a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico pelo Programa Produtor de Água no manancial do alto curso do rio Santo Anastácio no município de Presidente Prudente.

O apoio solicitado à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico tem como objetivo a realização de obras de conservação do solo em propriedades rurais e adequação de estradas rurais.

O desenvolvimento dos projetos teve início com a primeira reunião realizada no dia 26 de fevereiro de 2021 no qual participaram representantes da ANA, da Secretaria do Meio Ambiente de Presidente Prudente, do CBH-PP e o mestrando do PPGG-MP/UNESP, sendo apresentados os procedimentos para submissão de projetos à ANA e à Caixa Econômica Federal (CAIXA). Além de se estabelecer as responsabilidades e prazos para os estudos necessários. Foram, também, apresentados por parte da equipe técnica da ANA as bibliografias recomendadas para nortear a elaboração e o formato dos projetos a serem apresentados à CAIXA

- Etapa 2 - Estudo bibliográfico e revisões técnicas

Após a reunião inicial, teve início as revisões bibliográficas. Nesta etapa se pesquisou trabalhos acadêmicos, legislações, manuais técnicos e análise de estudos já realizados na bacia hidrográfica em foco. Foram também consultados mapas e cadastros viários, visando à caracterização física da bacia hidrográfica, necessária para elaboração dos projetos.

Durante esta etapa, foi necessário um estudo profundo do “Manual Operativo 2ª Edição – Programa Produtor De Água” (ANA, 2012) e do “Anexo B: Diretrizes para o Programa Produtor de Água” (ANA, 2018) disponíveis no portal eletrônico da ANA e que orientam e exemplificam os projetos. Estas publicações também são utilizadas como parâmetros para análise de projetos pela CAIXA.

Foi necessário um estudo detalhado sobre o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) e para isso foi consultada a documentação técnica “Metodologias e Conceitos: Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil” (CAIXA, 2020).

Dentre os trabalhos acadêmicos consultados, destaca-se a importância da tese de doutorado “Planejamento Ambiental e Gestão dos Recursos Hídricos: Estudo Aplicado à Bacia Hidrográfica do Manancial do Alto Curso do Rio Santo Anastácio” (DIBIESO, 2013) que apresentou informações valiosas quanto à bacia hidrográfica objeto de estudo, sobretudo quanto aos tipos de solos, processos erosivos e atividades agrícolas. Ressalta-se também a consulta ao “Plano diretor de controle de erosão rural do município de Presidente Prudente – SP” (PRESIDENTE PRUDENTE, 2016), para validação dos códigos da estrada a ser adequada.

- Etapa 3 - Investigação e reconhecimento do local

Após a etapa de estudos bibliográficos, foi realizado visita técnica ao local no dia 13 de março de 2021 para reconhecimento visual e diagnóstico de áreas pertencentes a AAFFSJ. Esta etapa de diagnóstico teve como objetivos:

a) com relação à conservação de solo nas propriedades:

- Identificar pontos com indícios de processo erosivo acelerado;
- Identificar pontos de vulnerabilidade a processos erosivos, seja por concentração de enxurradas, técnicas agrícolas inadequadas ou ausência de cobertura vegetal;
- Identificar impedimento aos trabalhos de conservação de solo (casas, cercas, vegetações nativas, estruturas, etc.);
- Verificar as distâncias a serem percorridas pelos equipamentos de terraplanagem até as propriedades rurais;

Com relação as estradas rurais:

- Identificar os trechos de estradas com presença de processos críticos de erosão;
- Identificar pontos de contribuição de água para as estradas;
- Identificar pontos de desague de água proveniente da estrada e que resultam em sulcos e ravinas nas propriedades rurais;
- Verificar locais com impedimento para realização das obras (casas, cercas, vegetações, estruturas, etc.);
- Verificar distâncias para deslocamento de máquinas de terraplanagem;

Para a execução desta etapa foram utilizados veículos, máquinas fotográficas, pranchetas e blocos para anotações e dispositivo GPS Garmim. A visita contou com a ajuda de representante da AAFFSJ, o qual colaborou demonstrando quais eram as divisas físicas das propriedades rurais e quais as queixas que os proprietários apresentavam com relação à deterioração e formação de ravinas nos solos das propriedades em decorrência dos processos erosivos.

- Etapa 4 - Seleção dos locais a receber investimento em conservação de solo.

A seleção dos locais a receber os investimentos da ANA foi realizada junto com membros da Secretaria de Meio Ambiente de Presidente Prudente, com base nas informações recolhidas em campo.

A seleção dos locais foi realizada conforme o seguinte processo:

- Foram selecionadas propriedades rurais com processos erosivos acelerados ou vulneráveis. Em geral as propriedades com essa característica não apresentavam a existência de terraços, ou apresentavam terraços deteriorados;
- Foram estabelecidas prioridades a grupos com localização próxima, uma vez que propriedades perto uma das outras acarretam menos custos de transporte de máquinas;
- Foram descartadas propriedades com impedimentos, seja de caráter físico ou por desinteresse do proprietário ao programa Produtor de Água;

Conforme as análises realizadas, as propriedades rurais da AAFFSJ foram agrupadas em quatro áreas com objetivo de facilitar os cálculos do projeto de conservação do solo das propriedades.

Para a realização desta etapa, foram utilizados os registros fotográficos, os apontamentos registrados em cadernetas e levantados em campos, as coordenadas geográficas medidas por GPS para referenciar os pontos de interesse e o software Google Earth Pro. Também foram utilizadas informações sobre os locais das divisas das propriedades obtidas pela equipe da Secretaria de Meio Ambiente.

Este processo resultou em arquivos digitais .kmz com os polígonos das áreas selecionadas para receberem investimento em conservação do solo. As imagens das áreas selecionadas são apresentadas no projeto do Apêndice C.

- Etapa 5 - Seleção do seguimento de estrada a ser adequada.

A seleção do trecho de estrada, consistiu na escolha de todos os trechos de estradas do local disponíveis para adequação.

No local da AAFFSJ existe apenas uma estrada municipal com uma única derivação de traçado. Foi informado através da PMPP a existência de projeto de revestimento asfáltico para a estrada principal, desta forma, restou apenas o trecho de derivação com possibilidade de receber obras de adequação de estrada rural, portanto, o trecho de derivação com 0,761 km de extensão foi o selecionado para adequação.

- Etapa 6 - Levantamento técnico de informações.

Esta etapa consistiu em realizar os levantamentos de informações necessários para a realização dos cálculos e dimensionamentos das estruturas de conservação de solo por prática mecânica de terraceamento e da adequação da estrada rural de terra selecionada.

Uma vez definidas as áreas e o trecho de estrada que receberão os investimentos, foi necessário nova visita ao local, desta vez para realizar as medições topográficas das áreas e levantamentos das características das propriedades e do

trecho da estrada. Foi realizado cadastro fotográfico e de informações e levantadas as coordenadas geográficas das propriedades e dos pontos de importância do trecho de estrada, necessários para a elaboração dos cálculos de terraplanagem dos projetos.

Para a realização desta etapa foram necessários veículo, GPS do tipo Garmim, câmera fotográfica, trena, caneta, prancheta e planilhas de levantamento conforme modelo previamente impresso e apresentado no Apêndice A.

- Etapa 7 – Cálculo e dimensionamento das estruturas de terraços necessárias para a conservação do solo e água no local.

Para realização dos cálculos e dimensionamentos das estruturas de conservação de solo por terraceamento dos agrupamentos de propriedades em áreas, foi necessário reunir as seguintes informações dos locais:

- Declividade (D)
- Tipo de solo (K)
- Manejo do solo (m)
- Uso do solo (u)
- Limites planimétricos das propriedades.

As informações quanto ao tipo de solo (K), foram obtidas do trabalho de DIBIESO (2013). As informações de manejo do solo (m) e uso do solo (u) foram obtidas para todas as áreas na visita a campo para levantamentos, citada na etapa 6.

As informações planialtimétricas foram obtidas por GPS em campo e obtidas pelo Software Google Earth Pro, sendo posteriormente comparadas e processadas com o software TOPO EVN6. É importante lembrar que para este projeto são necessários apenas informações aproximadas da variação das altitudes, desta forma sendo possível utilizar o GPS de baixa precisão.

De posse das informações planimétricas das quatro áreas estudadas, das informações das propriedades nelas inseridas e das informações de declividades, foi possível elaborar uma planilha de declividades médias para cada uma das quatro áreas delimitadas, as planilhas são apresentadas no Apêndice B.

Uma vez obtido todas as informações necessárias, foi elaborado o cálculo das dimensões dos terraços (estruturas de captação e de infiltrações de água), estes cálculos foram apresentados no projeto de terraceamento resultante na qual consta as quatro áreas selecionadas e as quantidades de movimentação de solo necessário para o terraceamento, bem como o valor a ser investido na execução, o projeto também apresenta as imagens de satélites obtidas no Google Earth Pro contendo o polígono de cada área de forma a representar os locais. O projeto de terraceamento é apresentado integralmente no Apêndice C.

Para a execução desta etapa foram utilizados software Google Earth Pro, GPS TrackMaker, TOPO EVN6 e o pacote Microsoft Office 2019.

- Etapa 8 – Elaboração do projeto de adequação da estrada rural.

A etapa de elaboração do projeto de adequação da estrada rural contou com as informações levantada em campo. Os cálculos foram realizados utilizando-se das informações planialtimétricas obtidas por GPS em campo e das informações cadastrais levantadas em planilhas. É importante destacar que para a elaboração deste projeto são necessárias apenas informações aproximadas das variações das altitudes dos pontos da estrada, desta forma, sendo possível a utilização de coordenadas obtidas por GPS de baixa precisão.

A etapa de elaboração do projeto de adequação da estrada rural resultou em um projeto contendo os cálculos, as etapas, as atividades, o cronograma, as quantidades de movimentação de solo necessário para a adequação da estrada e o valor a ser investido na execução. O projeto resultante desta etapa apresenta-se no Apêndice D.

4 RESULTADOS

Conforme os seguintes critérios utilizados na seleção dos locais a receberem investimentos em conservação de solo e água, tais como:

- propriedades rurais com processos erosivos acelerados ou vulneráveis,
- grupos com proximidades
- propriedades sem impedimentos

Foram selecionadas as 4 áreas a receberem os investimentos em conservação do solo e da água por terraceamento, conforme dimensões apresentadas abaixo:

- Área 1 (hectares): 10,18 ha
- Área 2 (hectares): 16,07 ha
- Área 3 (hectares): 10,85 ha
- Área 4 (hectares): 28,82 ha

Para cada área foram calculados a quantidade de terraços a serem construídos e a quantidade de solo a serem movimentados. Os resultados apresentam-se na tabela a seguir:

Tabela 3 – Valores para os terraceamento das áreas selecionadas

	Dimensão	Terraços em metro linear por hectare	Seção do terraço	Volume total de solo movimentado em terraços para a área	Volume total de solo movimentado para a área *
Área 1	10,18 ha	270,70 m/ha	1,33 m ²	3.719,60 m ³	4.463,52 m ³
Área 2	16,07 ha	271,22 m/ha	1,34 m ²	5.840,46 m ³	7.008,55 m ³
Área 3	10,85 ha	228,41 m/ha	1,59 m ²	3.940,49 m ³	4.728,58 m ³
Área 4	28,82 ha	307,31 m/ha	1,18 m ²	10.450,87 m ³	12.541,04 m ³

(*) Consultar apêndice C.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme os valores de referência extraídos da Tabela SINAPI, Referência 08 - 2022 (Composição Sintética), obtivemos os custos previstos para a execução dos trabalhos de terraceamento:

Tabela 4 - Custos previstos para o terraceamento

Código SINAPI	Projetado	Valor por Unidade	Valor total
SINAPI (101119)	28.741,69 (m³)	R\$ 8,48 / m³	R\$ 243.729,53
SINAPI (90781)	76,95 (h)	R\$ 58,48 / h	R\$ 4.500,03
Custo total com terraceamento			R\$ 248.229,56

Fonte: Elaborado pelo autor

Com relação ao projeto de adequação da estrada rural foram detalhadas todas as atividades previstas no apêndice D, sendo os valores para cada etapa dos trabalhos apresentados na tabela a seguir:

Tabela 5 – Orçamento das etapas de adequação da estrada conforme SINAPI

Item	Valor previsto R\$
3.1 AÇÕES PRELIMINARES	27.726,40
3.2 REMOÇÃO E RESERVA DE MATERIAL ORGÂNICO DO SOLO	12.784,80
3.3 CONFORMAÇÃO E COMPACTAÇÃO DO LEITO	56.642,75
3.4 CONTRUÇÃO DA CAMALHÕES/LOMBADAS	8.199,79
3.5 ABERTURA DE SANGRAS COM SEGMENTOS DE TERRAÇOS	7.049,42
3.6 RECONSTITUIÇÃO DE CERCA	9.893,00
Total	112.403,16

Fonte: elaborado pelo autor

Desta forma, os estudos demonstram que os investimentos necessários somados para a conservação do solo e a adequação da estrada rural no local do estudo será de: R\$ 360.632,72.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou as informações necessárias para se entender o processo erosivos, reconhecer as necessidades de seu controle e desta forma permitiu realizar a seleção de locais com vista a receber investimentos de conservação do solo e da água.

Também é possível entender através deste trabalho, o que é uma estrada rural, qual sua relação com o ambiente e qual a sua importância para as comunidades usuárias. Além de enumerar os diversos benefícios de uma estrada adequada.

Por fim, também é apresentado o processo técnico para se elaborar projetos de conservação de solo e água em propriedades rurais e estradas vicinais de terra necessários para obtenção de recursos, sejam eles federais, estaduais, ou municipais, para execução das obras de adequação de forma satisfatória.

Esperou-se com este trabalho ter apoiado a equipe de desenvolvimento do programa produtor de água no manancial do alto curso do rio Santo Anastácio no município de Presidente Prudente na elaboração dos projetos e na disponibilidade de um conteúdo técnico que venha a apoiar novos projetos.

Ao final, podemos através deste trabalho, fazer algumas considerações importantes com relação a alguns aspectos observados.

Sabendo que a precipitação média em Presidente Prudente é de 1.558 mm anualmente, que a área total de nosso estudo envolveu, 659.200 m² para as áreas terraceadas conforme apêndice C e 6.088 m² de área de estrada adequada conforme apêndice D, totalizando 665.288 m², considerando também que o coeficiente de enxurrada para a área de estudo foi de 0,30, ou seja, 30% da precipitação se transforma em escoamento superficial. Podemos concluir que agora serão infiltrados anualmente no solo através das estruturas construídas um total de 310.955.611,2 litros de água, o que implica dizer que para cada real investido na conservação, são captados, armazenados e infiltrados no solo 862,25 litros de água.

Além do benefício da recarga dos aquíferos subsuperficiais a captação implica que serão 310.955.611,2 litros a menos de água que estariam escoando e

contribuindo para a erosão do solo e carreamento de sedimentos para o manancial do rio Santo Anastácio.

Estes valores demonstram o quanto é benéfico o investimento em conservação de solo e água, obtendo-se uma boa relação entre investimento e benefícios.

Outro aspecto importante que podemos considerar após a elaboração dos estudos é o fato de se necessitar de poucos recursos para elaboração dos projetos. Os levantamentos não necessariamente precisam de equipamentos e levantamentos complexos, além do mais a disponibilidade de sistemas como Google Earth facilitam o trabalho de reconhecimento e de obtenção de informações. Desta forma conclui-se que a elaboração dos projetos é acessível para as diversas instituições que pretendam o seu desenvolvimento.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). Ministério do Meio Ambiente. **Manual Operativo do Programa Produtor de Água 2ª Edição**. Brasília. ANA. 2012. Disponível em: <http://produtordeagua.ana.gov.br/Portals/0/DocsDNN6/documentos/Manual%20Operativo%20Vers%C3%A3o%202012%20%2001_10_12.pdf>. Acesso em: 26 de abril de 2022.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Anexo B: diretrizes para o programa produtor de água**. Brasília: ANA, 2018. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/todos-os-documentos-do-portal/documentos-sip/produtor-de-agua/documentos-relacionados/anexo-b-diretrizes-projetos-produtores-agua-contrato-ana-x-caixa/view>>. Acesso em: 01 de maio de 2022.

BERTONI, José; LOMBARDI Neto, Francisco. **Conservação do Solo**. 9ª Edição. São Paulo: Ícone Editora Ltda, 2014.

BOTELHO, R. G. M (org.); GUERRA, A. J. T. (org.); SILVA, A. S. (org.). **Erosão e conservação dos solos**. Rio de Janeiro: Betrand Brasil, 2014.

BRASIL. **Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Brasília, 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm>. Acesso em: 25 de abril de 2022.

_____. **Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000**. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Brasília. 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9984compilado.htm>. Acesso em: 25 de abril de 2022.

_____. **Lei Nº 14.026, de 15 de julho de 2020**. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Brasília. 2020. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.026-de-15-de-julho-de-2020-267035421>>. Acesso em: 25 de abril de 2022.

_____. **Lei nº 14.119, de 13 de janeiro de 2021**. Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais; e altera as Leis n. 8.212, de 24 de julho de 1991,

8.629, de 25 de fevereiro de 1993, e 6.015, de 31 de dezembro de 1973, para adequá-las à nova política. Brasília. DOU. 14 de janeiro de 2021. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.119-de-13-de-janeiro-de-2021-298899394>>. Acesso em 26 de abril de 2022.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 357, de 15 de junho de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União. 2005. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=2747>>. Acesso em: 31 de maio de 2022.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL (CAIXA). **SINAPI: Metodologias e Conceitos: Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil** – 8ª Ed. – Brasília: CAIXA, 2020. Disponível em: https://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-manual-de-metodologias-e-conceitos/Livro1_SINAPI_Metodologias_e_Conceitos_8_Edicao.pdf. Acesso em: 01 de maio de 2022.

CBH-PP. **Estatuto**. Presidente Prudente. 18 de novembro de 2020. Disponível em <<http://cbhpp.org/estatuto-e-regimento-interno/>>. Acesso em: 25 de abril de 2022.

DEMARCHI, L. C. et al. Programa Estadual de Microbacias Hidrográficas – PEMH – **Manual 77 - Adequação de Estradas Rurais**. Campinas: CATI. 2003. Disponível em: <<https://www.cati.sp.gov.br/portal/produtos-e-servicos/publicacoes/acervo-tecnico/manual-de-adequacao-de-estradas-rurais>>. Acesso em: 01 de maio de 2022.

DIBIESO, E. P. **Planejamento Ambiental e Gestão dos Recursos Hídricos: Estudo Aplicado à Bacia Hidrográfica do Manancial do Alto Curso do Rio Santo Anastácio - São Paulo/Brasil. 2013**. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2013.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano**. Volume 1. 2ª Edição. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010.

GRIEBELER, N. P. et al. Modelo para a determinação do espaçamento entre desaguadouros em estradas não pavimentadas. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, **n.29**. 2005. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbcs/a/N3Gsf9VX43qwp3gnTBrxGFC/?lang=pt>>. Acesso em 01 de maio de 2022.

GUERRA, Antônio J. T. (Org.); JORGE, Maria C. O. (Org.). **Processos Erosivos e Recuperação de Áreas Degradadas**. São Paulo. Oficina de Texto. 2013.

LEPSCH, Igo F. **Formação e Conservação dos Solos**. 2ª Edição. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

LOMBARDI NETO, F.; DRUGOWICH, M. I. (Coord.). **Manual técnico de manejo e conservação de solo e água**. Volume IV - Tecnologias disponíveis para controlar o escoamento superficial do solo. Campinas: CATI – Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. 1994a. Disponível em: <<https://www.cati.sp.gov.br/portal/produtos-e-servicos/publicacoes/acervo-tecnico/manual-tecnico-de-manejo-e-conservacao-de-solo-e-agua>>. Acesso em: 01 de maio de 2022.

LOMBARDI NETO, F.; DRUGOWICH, M. I. (Coord.). **Manual técnico de manejo e conservação de solo e água**. Volume V - Tecnologias disponíveis para implementação de técnicas complementares no solo. Campinas: CATI – Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. 1994b. Disponível em: <<https://www.cati.sp.gov.br/portal/produtos-e-servicos/publicacoes/acervo-tecnico/manual-tecnico-de-manejo-e-conservacao-de-solo-e-agua>>. Acesso em: 01 de maio de 2022.

POLETO, Cristiano. **Bacias Hidrográficas e Recursos Hídricos**. Rio de Janeiro. Editora Interciência. 2014.

PORTO, Rubem La Laina (Coord.). **Fundamentos para a Gestão da Água**. São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. 2012. Disponível em: <<http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/pactodasaguas/2011/05/livro-Fundamentos-da-Gestao-da-agua-sma.pdf>>. Acesso em: 25 de abril de 2022.

PRESIDENTE PRUDENTE. Secretaria de Meio Ambiente. **Produtor de Água no Manancial do Alto Curso do Rio Santo Anastácio no Município de Presidente Prudente**. Presidente Prudente, 2019a.

PRESIDENTE PRUDENTE. **Lei nº 10.000/2019**. Institui o Programa de Pagamento por Serviços Ambientais (PPSA), autoriza a Prefeitura Municipal de Presidente Prudente a estabelecer convênios e executar pagamento aos provedores de serviços ambientais. Presidente Prudente. Diário Oficial de Presidente Prudente. 05 de setembro de 2019b. Disponível em: <http://www.presidenteprudente.sp.gov.br/site/leis_decretos_detalhe.xhtml?t=2&a=2019&n=10000&c=>>. Acesso em: 27 de abril de 2022.

PRESIDENTE PRUDENTE. **Plano diretor de controle de erosão rural do município de Presidente Prudente – SP – Volume II**. Presidente Prudente: Prefeitura Municipal de Presidente Prudente. 2016. Disponível em: <http://www.presidenteprudente.sp.gov.br/site/planejamento_urbano.xhtml>. Acesso em: 01 de maio de 2022.

SANTOS, A. R; et al. **Estradas vicinais de terra: Manual técnico para conservação e recuperação** -- 3. ed. rev. – São Paulo: ABGE - Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental: IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2019.

SANTOS, D. H.; MORANO, J. R. **Recuperação e Manutenção de Estradas Rurais**. São Paulo: Codasp, 2019.

SANTOS, H. G. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5ª edição, revisada e ampliada. Brasília: Embrapa, 2018. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/199517/1/SiBCS-2018-ISBN-9788570358004.pdf>>. Acesso em: 27 de abril de 2022.

SÃO PAULO. **Lei nº 7.663 de 30 de dezembro de 1991**. Estabelece normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos. São Paulo. 1991. Disponível em: <<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/1991/compilacao-lei-7663-30.12.1991.html>>. Acesso em: 25 de abril de 2022.

_____. **Lei Nº 9.866, de 28 de novembro de 1997**. Dispõe sobre diretrizes e normas para a proteção e recuperação das bacias hidrográficas dos mananciais de interesse regional do Estado de São Paulo e dá outras providências. São Paulo: Diário Oficial, 1997. Disponível em: <<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/1997/lei-9866-28.11.1997.html>>. Acesso em: 31 de maio de 2022

_____. **Lei Nº 16.337, de 14 de dezembro de 2016.** Dispõe sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos - PERH e dá providências correlatas. São Paulo. 2016. Disponível em: < <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2016/lei-16337-14.12.2016.html>>. Acesso em: 25 de abril de 2022.

_____. Secretaria de Logística e Transportes. Departamento de Estradas de Rodagem (DER). **Malha rodoviária do estado de São Paulo (extensão) - Base: outubro/2020.** São Paulo: DER, 2020. Disponível em <<http://www.der.sp.gov.br/WebSite/Arquivos/MalhaRodoviaria/ExtensaoMalha2020.pdf>>. Acesso em: 2 de maio de 2022.

ZOCCAL, José Cesar; SILVA, P. A. R. **Soluções: cadernos de estudos em conservação do solo e água** - Manutenção de estradas e conservação da água em zona rural: Adequação de erosões em estradas rurais: causas, consequências e problemas na manutenção e conservação de estrada rural. São José do Rio Preto: CODASP, 2016.

APÊNDICE A – PLANILHA DE LEVANTAMENTO DE CAMPO

[illegible]

[illegible]

APÊNDICE B – CÁLCULO DAS DECLIVIDADES MÉDIAS PARA AS ÁREAS SELECIONADAS

ÁREA 1

Amostra de declividade no local

	Declividade medidas nas propriedades (4 amostras por propriedades) em %					
Propriedade Rurais inseridas (nº) *	Amostra 1 (%)	Amostra 2 (%)	Amostra 3 (%)	Amostra 4 (%)	Declividade Média (%)	Área individual da propriedade (m²)
9	6,30	7,20	5,69	3,44	5,6575	33.488,35
10	7,47	6,00	6,57	5,81	6,4625	26.615,07
13	7,51	5,49	2,50	3,00	4,6250	26.216,71
15	5,26	4,90	4,34	4,29	4,6975	14.991,38
18	N (**)	N (**)	N (**)	N (**)	N (**)	469,82

INFORMAÇÕES OBTIDAS

DECLIVIDADE MÉDIA DA ÁREA 1 = 5,36 %

DIMENSÃO TOTAL DA ÁREA 1 = 101.781,348 m² ou 10,18 ha

* Os códigos das propriedades foram fornecidos para este estudo pelo representante da associação de produtores da fazenda São José, e se referem ao código da propriedade conforme planta de loteamento da fazenda.

** Não foram coletadas informações de declividades para esta propriedade.

ÁREA 2

Amostra de declividade no local

	Declividade medidas nas propriedades (4 amostras por propriedades) em %					
Propriedade Rurais inseridas (nº) *	Amostra 1 (%)	Amostra 2 (%)	Amostra 3 (%)	Amostra 4 (%)	Declividade Média (%)	Área individual da propriedade (m²)
16	4,54	4,76	5,55	4,46	4,82	33.102,27
17	5,85	5,82	4,97	3,97	5,15	34.971,85
20	7,74	7,72	7,45	7,40	7,57	33.962,02
21	2,43	4,30	8,82	7,12	5,66	33.668,05
25	3,07	1,04	5,36	5,10	3,64	25.037,02

INFORMAÇÕES OBTIDAS

DECLIVIDADE MÉDIA DA ÁREA 2 = 5,37 %

DIMENSÃO TOTAL DA ÁREA 2 = 160.741,209 m² ou 16,07 ha

* Os códigos das propriedades foram fornecidos para este estudo pelo representante da associação de produtores da fazenda São José, e se referem ao código da propriedade conforme planta de loteamento da fazenda.

ÁREA 3

Amostra de declividade no local

	Declividade medidas nas propriedades (4 amostras por propriedades) em %					
Propriedade Rurais inseridas (nº) *	Amostra 1 (%)	Amostra 2 (%)	Amostra 3 (%)	Amostra 4 (%)	Declividade Média (%)	Área individual da propriedade (m²)
19	4,08	4,21	4,00	2,55	3,71	33.141,01
23	4,11	3,12	4,18	4,50	3,98	33.987,01
24	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	5.750,08
27	3,20	3,40	5,32	3,50	3,86	22.194,88
28	2,80	2,63	1,76	0,00	2,40	11.588,02
38A	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33	1.828,13

INFORMAÇÕES OBTIDAS

DECLIVIDADE MÉDIA DA ÁREA 3 = 3,54 %

DIMENSÃO TOTAL DA ÁREA 3 = 108.489,137 m² ou 10,85 ha

* Os códigos das propriedades foram fornecidos para este estudo pelo representante da associação de produtores da fazenda São José, e se referem ao código da propriedade conforme planta de loteamento da fazenda.

ÁREA 4

Amostra de declividade no local

Propriedade Rurais inseridas (nº) *	Declividade medidas nas propriedades (4 amostras por propriedades) em %				Declividade Média (%)	Área individual da propriedade (m²)
	Amostra 1 (%)	Amostra 2 (%)	Amostra 3 (%)	Amostra 4 (%)		
29	6,45	3,40	4,40	4,58	4,70	33.845,27
30	4,95	6,66	3,18	5,90	5,17	36.856,91
31	7,14	6,76	8,97	9,31	8,04	29.726,62
32	8,93	8,51	8,75	7,75	8,48	23.299,09
33	7,42	6,90	8,26	8,24	7,70	21.021,23
34	13,02	16,27	14,91	10,79	13,74	25.676,61
35	4,87	6,36	4,51	5,31	5,26	39.558,49
39	5,88	4,54	6,59	4,24	5,31	25.120,01
40	6,66	7,10	6,25	6,03	6,51	33.046,18

INFORMAÇÕES OBTIDAS

DECLIVIDADE MÉDIA DA ÁREA 4 = 7,22 %

DIMENSÃO TOTAL DA ÁREA 4 = 268.150,43 m² ou 26,82 ha

* Os códigos das propriedades foram fornecidos para este estudo pelo representante da associação de produtores da fazenda São José, e se referem ao código da propriedade conforme planta de loteamento da fazenda.

APÊNDICE C - PROJETO DE TERRACEAMENTO NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO SANTO ANASTÁCIO

**PROJETO DE TERRACEAMENTO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
SANTO ANASTÁCIO**

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	3
1. TERRACEAMENTO	4
1.1 Dimensionamento dos terraços	5
1.1.1 Área 1.....	5
1.1.2 Área 2.....	9
1.1.3 Área 3.....	13
1.1.4 Área 4.....	17
2. CUSTOS COM TERRACEAMENTO	21

APRESENTAÇÃO

O presente projeto executivo refere-se aos trabalhos de conservação do solo e da água através de técnicas mecânicas de conservação do solo nas áreas lindeiras ao manancial do alto curso do Rio Santo Anastácio no município de Presidente Prudente.

A escolha das glebas a receberem as ações de conservação se devem ao fato de se localizarem na bacia hidrográfica do Rio Santo Anastácio, próximo ao curso principal do rio, sendo o Rio Santo Anastácio um importante recurso para o abastecimento de água do Município de Presidente Prudente.

O presente projeto faz parte do conjunto mais amplo de ações que visam a recuperação e conservação das águas do rio Santo Anastácio, que tem sofrido impactos com o recebimento de sedimentos oriundos do processo erosivo resultante da atividade agrícola praticada em sua bacia hidrográfica. O rio Santo Anastácio sofre também com recebimento de sedimentos oriundos das estradas lindeiras, que sem a correta adequação carregam seus sedimentos ao manancial.

Uma propriedade rural que realiza o manejo adequado e conserva o solo além de obter vantagens econômicas na sua produção, contribui para a preservação dos serviços ecossistêmicos necessários a comunidade e a sua própria atividade. Ao interromper o processo erosivo, a propriedade rural mantém no solo os elementos necessários para o desenvolvimento da agricultura, bem como evita o carreamento de sedimento para os corpos hídricos da bacia hidrográfica, preservando assim a oferta da água tão necessária para a atividade agrícola.

1. TERRACEAMENTO

O terraceamento faz parte do conjunto de medidas a serem adotadas no local selecionado para que em curto prazo de tempo promova-se a estabilização do solo, encerrando o processo de perda de nutrientes e de carreamento de sedimentos. O investimento se destina a promover a captação de águas pluviais provenientes das estradas rurais e das propriedades limdeira ao local, de forma a conter os processos erosivos acelerados, promovendo a infiltração e recarregando assim, o aquífero subsuperficial.

Para a composição do cálculo de valor de custo adotou-se dois itens da Tabela SINAPI Referência 08-2022 (Composição Sintética), sendo:

90781 - TOPOGRAFO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES.

101119 - ESCAVAÇÃO HORIZONTAL, INCLUINDO ESCARIFICAÇÃO EM SOLO DE 2A CATEGORIA COM TRATOR DE ESTEIRAS (100HP/LÂMINA: 2,19M3).

A construção de terraços basicamente consiste em duas etapas, a etapa de locação topográfica dos pontos no terreno, e a escavação e conformação das estruturas de terra dos terraços. A locação de curvas de nível é similar aos serviços de locação de rede de água, já a escavação e a conformação dos terraços são serviços que consiste em corte e aterro, por conta do corte de solo e compactação formando assim a curva de nível e seus terraços.

Os equipamentos a serem disponibilizados para execução dos serviços serão:

- Tratores de esteira de lâmina frontal modelos fiatallis 7D de 90Hp ou similar;
- Pá Carregadeira para cortar e levantar a curva;
- Trator 7D para dar acabamento.

Meta: Construção de **60m** lineares de terraços por Hora.

1.1 Dimensionamento dos Terraços

1.1.1 Área 1

Dimensionamento dos parâmetros do terraceamento para a Área 1

Imagem de satélite do local

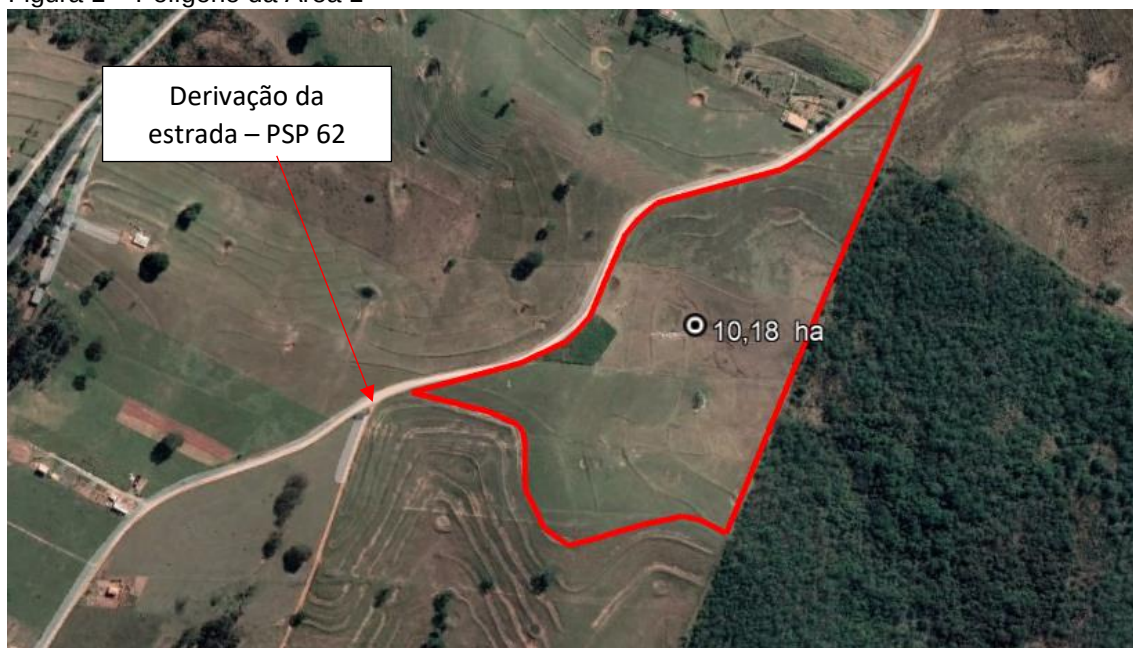
Coordenadas:

UTM Zona 22

459063,04 m E

7546346,58 m S

Figura 1 – Polígono da Área 1



Fonte: Elaborado pelo autor, imagem Google Earth de Julho de 2021.

Metodologia - Embasado no “Manual técnico de manejo e conservação de solo e água. Volume IV - Tecnologias disponíveis para controlar o escoamento superficial do solo” da CATI (LOMBARDI NETO, F.; DRUGOWICH, M. I. 1994a).

Declividade (D) em % - São áreas com declividades superiores a 5%. Em grande parte do terreno predominam as declividades entre 6,46% e 4,6%, adotamos, portanto, um valor intermediário: **D = 5,36%**.

Tipo de solo (K) Adimensional – Conforme Dibieso (2013), o solo do local caracteriza-se por uma associação de argissolo vermelho-amarelo + neossolos litólicos. Portanto:

$$K = 0,882.$$

Manejo do solo (m) Adimensional - Não é realizado nenhum revolvimento do solo, portanto:

$$m = 2.$$

Uso do solo (u) Adimensional - Em área de Pastagem, adota-se:

$$u = 1,75$$

Espaçamento vertical (EV) m - As curvas serão construídas em nível por toda a extensão da área de pastagem. Pelo uso da equação

$$EV = 0,4518 * k * [D^{0,58}] * [(u + m) / 2]$$

$$EV = 0,4518 * 0,882 * [5,36^{0,58}] * [(1,75 + 2) / 2]$$

$$EV = 1,98 \text{ m}$$

Espaçamento horizontal médio (EH) - Tendo-se em conta a declividade média D (acima), o espaçamento horizontal médio entre os terraços será:

$$EH = [EV / D] * 100$$

$$EH = [1,98 / 5,36] * 100$$

$$EH = 36,94 \text{ m}$$

Escolha da isoietas e segurança do projeto (h) (mm) - Tendo em vista a segurança adicional da garantia de manutenção constante nos terraços ao longo do tempo (que justifica o Projeto) e a posição de Presidente Prudente/SP no Mapa de Isoietas de Chuvas Diárias (24horas) Máximas para um Período de Retorno de 02 anos, compatível com o período de manutenção dos terraços, justifica a adoção de:

$$h = 110 \text{ mm}$$

Índice de enxurrada (c) (adimensional) - Considerando:

$$\text{Solo com média resistência a erosão} - RT = 0,80/0,60 = 1,33$$

Tipo de uso: Pastagem

Conforme tabela **c = 0,30**

Sessão média dos terraços (Smed) (m²) - Pelo uso da equação:

$$Smed = EH * c * h$$

$$Smed = 36,94m * 0,30 * 0,110m$$

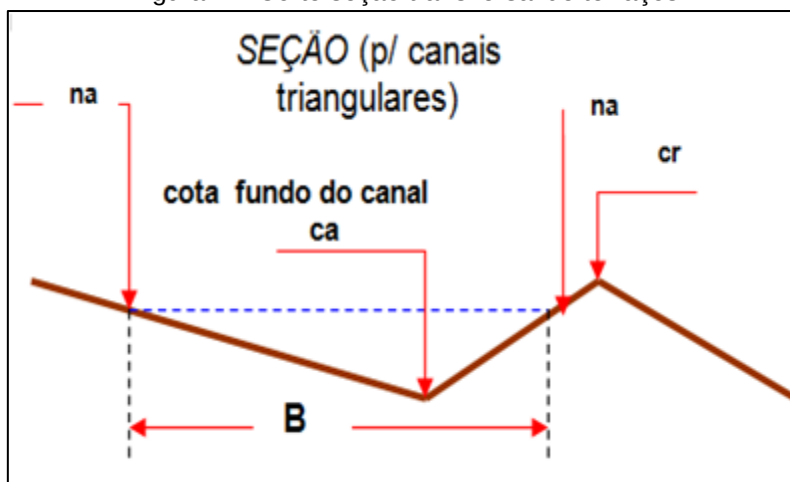
$$Smed = \mathbf{1,21 \text{ m}^2}$$

adota-se: Smed = 1,21 m² +10% como tolerância adiciona. Tem-se:

$$Smed \geq \mathbf{1,34 \text{ m}^2}$$

adota-se: Detalhes construtivos com borda livre mínima de 0,40m entre a crista (cr) do terraço e o nível de água (na) especificados conforme o modelo abaixo.

Figura 2 – Corte seção transversal de terraços



Fonte: Elaborado pelo autor

Comprimento total de curva/ ha:

A) Dimensão da Área 1 (hectares): 10,18 ha

Para cálculo do comprimento total (Q) de curva (m) a ser construída por hectare, considerando o espaçamento horizontal determinado com a declividade média do terreno em um hectare (100m x100m), temos o seguinte cálculo:

$$Q(m) = (100 * 100) / EH, \text{ resultado em: } Q(m) = 10.000 / 36,94 = \mathbf{270,70 \text{ m/ha}}$$

$$\text{Comprimento total de curva/ha: } Q(m) * \text{Área de Gleba(ha)}$$

Comprimento total de curva: $270,70 \text{ m/ha} * 10,18 \text{ ha} = \mathbf{2.775,82 \text{ m}}$

Considerando 2.775,82 metros lineares de terraços a serem construídos na Área 1.

Volume total de solo a ser movimentado em processo de corte e aterro:

Terraceamento:

Considerando $1,33 \text{ m}^3/\text{m}$ de terraço = $2.775,72 * 1,34 = \mathbf{3.719,6 \text{ m}^3}$.

Volume total de solo a ser movimentado com terraceamento (VTT) = $3.719,60 \text{ m}^3$.

Sistematização:

Considerando as características do local, com a existência de terraços antigos e fora de medida, processos erosivos do solo e pontos irregulares da superfície que deverão ser corrigidos antes da construção das estruturas de terraços, podemos estimar de forma empírica um percentual de acréscimo em torno de 20% do volume estimado para os terraços para esta atividades.

Sendo assim: $VS = VTT * 0,2 = 3719,60 \text{ m}^3 * 0,2 = \mathbf{743,92 \text{ m}^3}$

Volume total de solo movimentado em processo de corte e aterro (VT) = $3.719,60 \text{ m}^3 + 743,92 \text{ m}^3 = \mathbf{4.463,52 \text{ m}^3}$

1.1.2 Área 2

Dimensionamento dos parâmetros do terraceamento para a Área 2.

Imagem aérea do local – Coordenadas:

UTM Zona 22

458669,46 m E

7546427,78 m S

Figura 3 – Polígono da Área 2



Fonte: Elaborado pelo autor, imagem Google Earth de Julho de 2021.

Metodologia - Embasado no “Manual técnico de manejo e conservação de solo e água. Volume IV - Tecnologias disponíveis para controlar o escoamento superficial do solo” da CATI (LOMBARDI NETO, F.; DRUGOWICH, M. I. 1994a).

Declividade (D) em % - São áreas com declividades superiores a 5%. Em grande parte do terreno predominam as declividades entre 5,66% e 4,82%, adotamos, portanto, um valor intermediário: **D = 5,37%**.

Tipo de solo (K) Adimensional – Conforme Dibieso (2013), o solo do local caracteriza-se por uma associação de argissolo vermelho-amarelo + neossolos litólicos. Portanto: **K = 0,882**.

Manejo do solo (m) Adimensional - Não é realizado nenhum revolvimento do solo, portanto:

$$m = 2.$$

Uso do solo (u) Adimensional - Em área de Pastagem, adota-se:

$$u = 1,75$$

Espaçamento vertical (EV) m - As curvas serão construídas em nível por toda a extensão da área de pastagem. Pelo uso da equação

$$EV = 0,4518 * k * [D ^{0,58}] * [(u + m) / 2]$$

$$EV = 0,4518 * 0,882 * [5,37 ^{0,58}] * [(1,75 + 2) / 2]$$

$$EV = 1,98 \text{ m}$$

Espaçamento horizontal médio (EH) - Tendo-se em conta a declividade média D (acima), o espaçamento horizontal médio entre os terraços será:

$$EH = [EV / D] * 100$$

$$EH = [1,98 / 5,37] * 100$$

$$EH = 36,87 \text{ m}$$

Escolha da isoietta e segurança do projeto (h) (mm) - Tendo em vista a segurança adicional da garantia de manutenção constante nos terraços ao longo do tempo (que justifica o Projeto) e a posição de Presidente Prudente/SP no Mapa de Isoietas de Chuvas Diárias (24horas) Máximas para um Período de Retorno de 02 anos, compatível com o período de manutenção dos terraços, justifica a adoção de:

$$h = 110 \text{ mm}$$

Índice de enxurrada (c) (adimensional) - Considerando:

$$\text{Solo com média resistência a erosão} - RT = 0,80/0,60 = 1,33$$

Tipo de uso: **Pastagem**

$$\text{Conforme tabela } c = 0,30$$

Sessão média dos terraços (Smed) (m2) - Pelo uso da equação:

$$Smed = EH * c * h$$

$$Smed = 36,87m * 0,30 * 0,110m$$

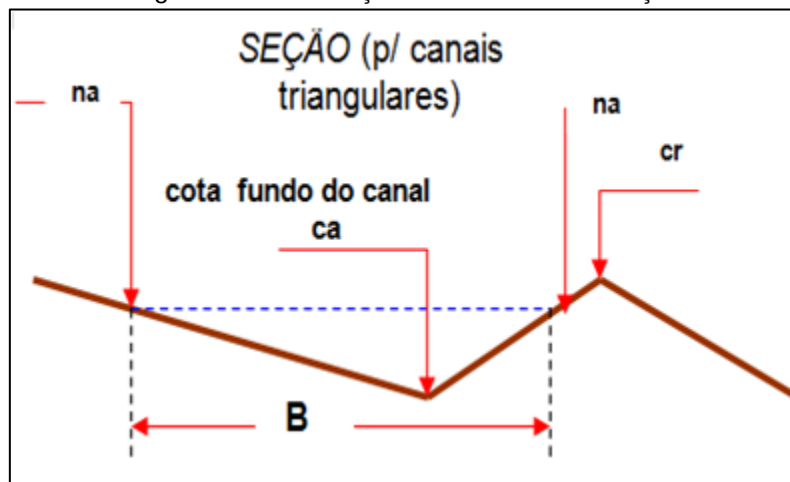
$$Smed = \mathbf{1,21 \text{ m}^2}$$

adota-se: $Smed = 1,38 \text{ m}^2 + 10\%$ como tolerância adiciona. Tem-se:

$$Smed \geq \mathbf{1,34 \text{ m}^2}$$

adota-se: Detalhes construtivos com borda livre mínima de 0,40m entre a crista (cr) do terraço e o nível de água (na) especificados conforme o modelo abaixo.

Figura 4 – Corte seção transversal de terraços



Fonte: Elaborado pelo autor

Comprimento total de curva/ ha:

Dimensão da Área 2 (hectares): **16,07 ha**

Para cálculo do comprimento total (Q) de curva (m) a ser construída por hectare, considerando o espaçamento horizontal determinado com a declividade média do terreno em um hectare (100m x100m), temos o seguinte cálculo:

$$Q(m) = (100 * 100) / EH, \text{ resultado em: } Q(m) = 10.000/36,87 = \mathbf{271,22m/ha}$$

Comprimento total de curva/ha: $Q(m) * \text{Área de Gleba(ha)}$

$$\mathbf{\text{Comprimento total de curva: } 271,22 \text{ m/ha} * 16,07 \text{ ha} = 4.358,50 \text{ m}}$$

Considerando **4.358,50 m** lineares de terraços a serem construídos na Área 2.

Volume total de solo a ser movimentado em processo de corte e aterro:

Terraceamento:

Considerando 1,34 m³/m de terraço = 4.358,50 m * 1,34 m² = **5.840,46 m³**.

Volume total de solo a ser movimentado com terraceamento (VTT) = 5.840,46 m³.

Sistematização

Considerando as características do local, com a existência de terraços antigos e fora de medida, processos erosivos do solo e pontos irregulares da superfície que deverão ser corrigidos antes da construção das estruturas de terraços, podemos estimar de forma empírica um percentual de acréscimo em torno de 20% do volume estimado para os terraços para esta atividades.

Sendo assim: VS = VTT * 0,2 = 5.840,46 m³ * 0,2 = **1.168,09 m³**

Volume total de solo movimentado em processo de corte e aterro (VT) = 5.840,46 m³ + 1.168,09 m³ = **7.008,55 m³**

1.1.3 Área 3

Dimensionamento dos parâmetros do terraceamento para a Área 3.

Imagem aérea do local – Coordenadas:

UTM Zona 22

458486,00m E

7545957,00 m S

Figura 5 – Polígono da Área 3



Fonte: Elaborado pelo autor, imagem Google Earth de Julho de 2021.

Metodologia - Embasado no “Manual técnico de manejo e conservação de solo e água. Volume IV - Tecnologias disponíveis para controlar o escoamento superficial do solo” da CATI (LOMBARDI NETO, F.; DRUGOWICH, M. I. 1994a).

Declividade (D) em % - São áreas com declividades inferiores a 5%. Em grande parte do terreno predominam as declividades entre 2,40% e 4,06%, adotamos, portanto, um valor intermediário médio de: **D = 3,54%**.

Tipo de solo (K) Adimensional – Conforme Dibieso (2013), o solo do local caracteriza-se por uma associação de argissolo vermelho-amarelo + neossolos litólicos. Portanto: **K = 0,882**.

Manejo do solo (m) Adimensional - Não é realizado nenhum revolvimento do solo, portanto:

$$m = 2.$$

Uso do solo (u) Adimensional - Em área de Pastagem, adota-se:

$$u = 1,75$$

Espaçamento vertical (EV) m - As curvas serão construídas em nível por toda a extensão da área de pastagem. Pelo uso da equação

$$EV = 0,4518 * k * [D^{0,58}] * [(u + m) / 2]$$

$$EV = 0,4518 * 0,882 * [3,54^{0,58}] * [(1,75 + 2) / 2]$$

$$EV = 1,55 \text{ m}$$

Espaçamento horizontal médio (EH) - Tendo-se em conta a declividade média D (acima), o espaçamento horizontal médio entre os terraços será:

$$EH = [EV / D] * 100$$

$$EH = [1,55 / 3,54] * 100$$

$$EH = 43,78 \text{ m}$$

Escolha da isoietas e segurança do projeto (h) (mm) - Tendo em vista a segurança adicional da garantia de manutenção constante nos terraços ao longo do tempo (que justifica o Projeto) e a posição de Presidente Prudente/SP no Mapa de Isoietas de Chuvas Diárias (24horas) Máximas para um Período de Retorno de 02 anos, compatível com o período de manutenção dos terraços, justifica a adoção de:

$$h = 110 \text{ mm}$$

Índice de enxurrada (c) (adimensional) - Considerando:

Solo com média resistência a erosão - $RT = 0,80/0,60 = 1,33$

Tipo de uso: Pastagem

Conforme tabela **c = 0,30**

Sessão média dos terraços (Smed) (m2) - Pelo uso da equação:

$$Smed = EH * c * h$$

$$Smed = 43,78 \text{ m} * 0,30 * 0,110\text{m}$$

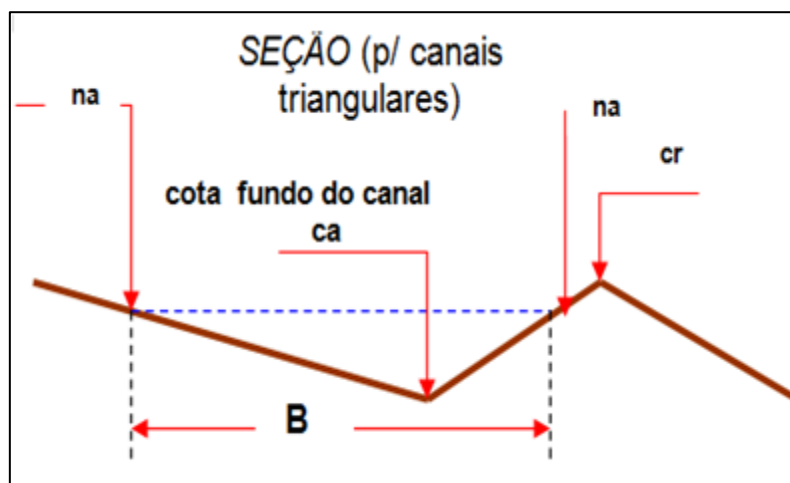
$$Smed = \mathbf{1,444 \text{ m}^2}$$

adota-se: $Smed = 1,444 \text{ m}^2 + 10\%$ como tolerância adiciona. Tem-se:

$$Smed \geq \mathbf{1,59 \text{ m}^2}$$

adota-se: Detalhes construtivos com borda livre mínima de 0,40m entre a crista (cr) do terraço e o nível de água (na) especificados conforme o modelo abaixo.

Figura 6 – Corte seção transversal de terraços



Fonte: Elaborado pelo autor

Comprimento total de curva/ ha:

Dimensão da Área 3 (hectares): **10,85 ha**

Para cálculo do comprimento total (Q) de curva (m) a ser construída por hectare, considerando o espaçamento horizontal determinado com a declividade média do terreno em um hectare (100m x100m), temos o seguinte cálculo:

$$Q(m) = (100 \text{ m} * 100 \text{ m}) / EH, \text{ resultado em: } Q(m) = 10.000\text{m}^2/43,78\text{m} = \mathbf{228,41\text{m/ha}}$$

Comprimento total de curva/ha: $Q(m) * \text{Área de Gleba(ha)}$

$$\mathbf{\text{Comprimento total de curva: } 228,41 * 10,85 = 2.478,30\text{m}}$$

Considerando **2.478,30 m** lineares de terraços a serem construídos na Área 3.

Volume total de solo a ser movimentado em processo de corte e aterro:

Terraceamento:

$$\text{Considerando } 1,59 \text{ m}^3/\text{m} \text{ de terraço} = 2.478,30 * 1,59 = 3.940,49 \text{ m}^3.$$

Volume total de solo a ser movimentado com terraceamento (VTT) = 3.940,49 m³.

Sistematização:

Considerando as características do local, com a existência de terraços antigos e fora de medida, processos erosivos do solo e pontos irregulares da superfície que deverão ser corrigidos antes da construção das estruturas de terraços, podemos estimar de forma empírica um percentual de acréscimo em torno de 20% do volume estimado para os terraços para esta atividades.

$$\text{Sendo assim: } VS = VTT * 0,2 = 3.940,49 \text{ m}^3 * 0,2 = \mathbf{788,09 \text{ m}^3}$$

$$\text{Volume total de solo movimentado em processo de corte e aterro (VT) = } 3.940,49 \text{ m}^3 + 788,09 \text{ m}^3 = \mathbf{4.728,58 \text{ m}^3}$$

1.1.4 Área 4

Dimensionamento dos parâmetros do terraceamento para a Área 4.

Imagem aérea do local – Coordenadas:

UTM Zona 22

458640,00 m E

7545656,00 m S

Figura 7 – Polígono da Área 4



Fonte: Elaborado pelo autor, imagem Google Earth de Julho de 2021.

Metodologia - Embasado no “Manual técnico de manejo e conservação de solo e água. Volume IV - Tecnologias disponíveis para controlar o escoamento superficial do solo” da CATI (LOMBARDI NETO, F.; DRUGOWICH, M. I. 1994a).

Declividade (D) em % - São áreas com declividades variando acima de 5%. Em grande parte do terreno predominam as declividades entre 7,90% e 5,2%, adotamos, portanto, um valor médio conforme observações: **D = 7,22%**.

Tipo de solo (K) Adimensional – Conforme Dibieso (2013), o solo do local caracteriza-se por uma associação de argissolo vermelho-amarelo + neossolos litólicos. Portanto: $K = 0,882$.

Manejo do solo (m) Adimensional - Não é realizado nenhum revolvimento do solo, portanto:

$$m = 2.$$

Uso do solo (u) Adimensional - Em área de Pastagem, adota-se:

$$u = 1,75$$

Espaçamento vertical (EV) m - As curvas serão construídas em nível por toda a extensão da área de pastagem. Pelo uso da equação

$$EV = 0,4518 * k * [D^{0,58}] * [(u + m) / 2]$$

$$EV = 0,4518 * 0,882 * [7,22^{0,58}] * [(1,75 + 2) / 2]$$

$$EV = 2,35 \text{ m}$$

Espaçamento horizontal médio (EH) - Tendo-se em conta a declividade média D (acima), o espaçamento horizontal médio entre os terraços será:

$$EH = [EV / D] * 100$$

$$EH = [2,35 / 7,22] * 100$$

$$EH = 32,54 \text{ m}$$

Escolha da isoietas e segurança do projeto (h) (mm) - Tendo em vista a segurança adicional da garantia de manutenção constante nos terraços ao longo do tempo (que justifica o Projeto) e a posição de Presidente Prudente/SP no Mapa de Isoietas de Chuvas Diárias (24horas) Máximas para um Período de Retorno de 02 anos, compatível com o período de manutenção dos terraços, justifica a adoção de:

$$h = 110 \text{ mm}$$

Índice de enxurrada (c) (adimensional) - Considerando:

Solo com média resistência a erosão - $RT = 0,80/0,60 = 1,33$

Tipo de uso: Pastagem

Conforme tabela **c = 0,30**

Sessão média dos terraços (Smed) (m²) - Pelo uso da equação:

$$Smed = EH * c * h$$

$$Smed = 32,54m * 0,30 * 0,110m$$

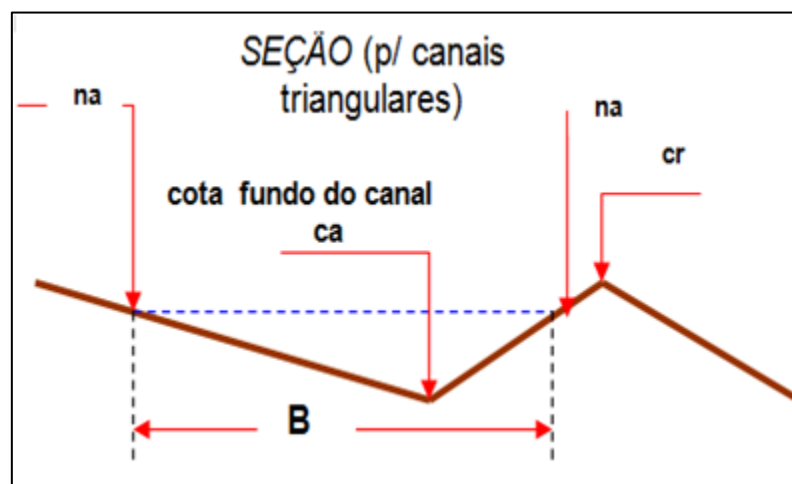
$$Smed = \mathbf{1,07 \text{ m}^2}$$

adota-se: $Smed = 1,35 \text{ m}^2 + 10\%$ como tolerância adiciona. Tem-se:

$$Smed \geq \mathbf{1,18 \text{ m}^2}$$

adota-se: Detalhes construtivos com borda livre mínima de 0,40m entre a crista (cr) do terraço e o nível de água (na) especificados conforme o modelo abaixo.

Figura 8 – Corte seção transversal de terraços



Fonte: Elaborado pelo autor

Comprimento total de curva/ ha:

Dimensão da Área 4 (hectares): **28,82 ha**

Para cálculo do comprimento total (Q) de curva (m) a ser construída por hectare, considerando o espaçamento horizontal determinado com a declividade média do terreno em um hectare (100m x100m), temos o seguinte cálculo:

$Q(m) = (100m * 100m) / EH$, resultado em: $Q(m) = 10.000m^2 / 32,54m = \mathbf{307,31\ m/ha}$

Comprimento total de curva/ha: $Q(m) * \text{Área de Gleba}(ha)$

Comprimento total de curva: $307,31\ m/ha * 28,82\ ha = \mathbf{8.856,67\ m}$

Considerando **8.856,67** metros lineares de terraços a serem construídos na Área 4.

Volume total de solo a ser movimentado em processo de corte e aterro:

Terraceamento:

Considerando $1,18\ m^3$ de terraço = $8856,67\ m * 1,18\ m^2 = \mathbf{10.760,13m^3}$.

Volume total de solo a ser movimentado = $10.450,87\ m^3$

Sistematização:

Considerando as características do local, com a existência de terraços antigos e fora de medida, processos erosivos do solo e pontos irregulares da superfície que deverão ser corrigidos antes da construção das estruturas de terraços, podemos estimar de forma empírica um percentual de acréscimo em torno de 20% do volume estimado para os terraços para esta atividades.

Sendo assim: $VS = VTT * 0,2 = 10.450,87m^3 * 0,2 = \mathbf{2.090,174\ m^3}$

Volume total de solo movimentado em processo de corte e aterro (VT) = $10.450,87\ m^3 + 2.090,174\ m^3 = \mathbf{12,541.04m^3}$

2. CUSTOS COM TERRACEAMENTO

Conforme tabela SINAPI Referência 08-2022 (Composição Sintética):

101119 - ESCAVAÇÃO HORIZONTAL, INCLUINDO ESCARIFICAÇÃO EM SOLO DE 2A COM TRATOR DE ESTEIRAS (100HP/LÂMINA: 2,19M3) – R\$ 8,48/m³

Custo = SINAPI (101119) x 28741.69 M³

Custo = R\$ 8,48 x 28741.69

Custo = R\$ 243.729,53

90781 - TOPOGRAFO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES- 58,48/H.

Custo = SINAPI (90781) x Total de horas previstas.

Horas previstas = Total de metros lineares de curvas / (Produtividades médias x n. máquinas)

Para 4 máquinas de esteiras.

Horas previstas = 18469,29 / (60 * 4) = **76,95 h**

Custo = SINAPI (90781) x 76,95 h.

Custo = R\$ 58,48/h x 76,95 h = R\$ 4.500,03

Tabela 1 - Custos previstos

	Projetado	Un.	Total
SINAPI (101119)	28741.69 (m ³)	R\$ 8,48 / m ³	R\$ 243.729,53
SINAPI (90781)	76.95 (h)	R\$ 58,48 / h	R\$ 4.500,03
		Total	R\$ 248,229,56

Fonte: Elaborado pelo autor

APÊNDICE D - PROJETO DE ADEQUAÇÃO DE ESTRADA RURAL NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO SANTO ANASTÁCIO

**PROJETO DE ADEQUAÇÃO DE ESTRADA RURAL NA BACIA HIDROGRÁFICA
DO RIO SANTO ANASTÁCIO**

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	2
1. LOCALIZAÇÃO DO TRECHO DE ESTRADA	3
2. DIAGNÓSTICO DA CONDIÇÕES DA ESTRADA.....	4
3. MEMORIAL TÉCNICO DE EXECUÇÃO DAS ATIVIDADES.....	5
3.1 Ações preliminares.....	5
3.2 Remoção e reserva de material orgânico do solo	7
3.3 Conformação e compactação do leito	8
3.4 Construção de camalhões/lombadas	9
3.5 Abertura de sangras com segmentos de terraços.....	11
3.6 Reconstituição de cerca	13
4. PLANILHA DE ORÇAMENTO SINAPI	14
5. RELATÓRIO FOTOGRÁFICO	16
6. EXEMPLOS DAS INTERVENÇÕES E ESTRUTURAS	19
7. PROJETOS DE ESTRUTURAS DE DRENAGEM	21

APRESENTAÇÃO

O presente projeto executivo refere-se à adequação de derivação de trecho da estrada rural “62 - Alça 01 da Estrada do Banco da Terra - PSP” conforme registro no “Plano Diretor de Controle de Erosão Rural de Presidente Prudente, SP”. (PRESIDENTE PRUDENTE, 2016).

A escolha da estrada se deve ao fato da estrada se localizar na bacia hidrográfica do Rio Santo Anastácio, próximo ao curso principal do rio, sendo o Rio Santo Anastácio um importante recurso para o abastecimento de água do Município de Presidente Prudente.

O presente projeto faz parte do conjunto mais amplo de ações que visam a recuperação e conservação das águas do rio Santo Anastácio, o qual tem sofrido impactos devido a atividade agrícola realizada em seu entorno com o recebimento de sedimentos resultante de processos erosivos tanto das propriedades rurais como das estradas lindeiras.

Uma estrada rural adequada apresenta trafegabilidade em todos os períodos do ano, permitindo o escoamento da produção e o desenvolvimento de atividades econômicas de seus usuários, permite o acesso do transporte escolar pela comunidade rural, além de apresentar um custo de manutenção para a prefeitura muito baixo.

Além dos ganhos econômicos e sociais a adequação da estrada traz ganhos ambientais muito significativos, pois interrompe o processo de erosão da estrada, um dos principais responsáveis pelo assoreamento dos córregos e rios.

1. LOCALIZAÇÃO DO TRECHO DE ESTRADA

O trecho selecionado para adequação se encontra na bacia hidrográfica do rio Santo Anastácio, próximo ao curso principal do rio, caracteriza-se por uma derivação do traçado da estrada Alça 01 da Estrada do Banco da Terra e que permite acesso as propriedades rurais do local.

Tabela 1 – Delimitações do trecho da estrada

Estrada Municipal	Extensão (km)		Coordenadas Geográficas UTM 22K	
Alça 01 da Estrada do Banco da Terra	0,761	Início	458.780,45	7.546.323,09
		Final	458.508,88	7.545.585,86
Total	0,761			

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 1 – Trecho da estrada “Alça 01 da Estrada do Banco da Terra”



Fonte: Elaborado pelo autor. Imagem de satélite extraída através do Software Google Earth Pro. Data da imagem 31/10/2020.

2. DIAGNÓSTICO DA CONDIÇÕES DA ESTRADA

O trecho de estrada rural escolhido para intervenção e manutenção apresenta a seguinte situação: Plataforma da estrada encaixada (Abaixo da cota dos terrenos adjacentes) resultando em deficiência de drenagem. A água é conduzida pelo leito da estrada até os pontos de baixada, resultando desse processo a erosão do leito e o depósito de sedimentos nos pontos baixos. No trecho existem algumas estruturas de lombadas, mas devido a manutenção deficiente sofreram com a erosão e perderam a função.

Apesar de a estrada apresentar trafegabilidade, é necessário conter o processo erosivo neste momento através de uma correta conformação da estrada. De forma geral, a adequação nesta etapa de deterioração da estrada demanda menos movimentação de solo e menor custo do que em processos mais avançados.

É possível observar as condições atuais da estrada através do relatório fotográfico ao final deste documento.

3. MEMORIAL TÉCNICO DE EXECUÇÃO DAS ATIVIDADES

O objetivo da adequação, do ponto de vista ambiental é estabilizar o processo erosivo provocado pelo escoamento superficial das águas pluviais em seu leito, característica muito comum em estradas sem pavimentação e sem a correta conformação.

Serão construídas estruturas do tipo lombadas com distâncias de 50m a 75m, combinadas com estruturas de terraço para a captação das águas pluviais proveniente da estrada, na etapa de construção das lombadas, estas podem ser posicionadas de forma a coincidir com terraços das propriedades adjacentes otimizando o processo de construção de estruturas de captação e infiltração de águas nas glebas 1 e 2 conforme projeto de terraceamento.

As intervenções necessárias para adequação dos trechos de estrada selecionados foram contabilizadas de acordo com a Tabela SINAPI Referência 08 - 2022.

3.1 Ações preliminares

Compõem as ações preliminares as atividades de transporte de equipamentos, o deslocamento do técnico em topografia responsável pelo acompanhamento da obra e o acompanhamento técnico realizado pelo topógrafo para locação inicial e durante a execução da obra.

Para composição do custo desse item, onde serão feitos o transporte de equipamentos, deslocamento de técnico para acompanhamento da obra e o acompanhamento topográfico, necessário para as demarcações de início e durante os trabalhos, foram adotados os itens da Tabela SINAPI de referência 08 - 2022, sendo:

89876 - CAMINHÃO BASCULANTE 14 M3, COM CAVALO MECÂNICO DE CAPACIDADE MÁXIMA DE TRAÇÃO COMBINADO DE 36000 KG, POTÊNCIA 286 CV, INCLUSIVE SEMIREBOQUE COM CAÇAMBA METÁLICA – R\$ 337,60 por hora

- Obs. Não consta caminhão prancha a tabela SINAPI, portanto foi considerado o valor do caminhão basculante de mesma potência.

92145 - CAMINHONETE CABINE SIMPLES COM MOTOR 1.6 FLEX, CÂMBIO MANUAL, POTÊNCIA 101/104 CV, 2 PORTAS – R\$ 72,61 por hora.

90781 - TOPOGRAFO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES – R\$ 58,48 por hora.

a) Transporte de Equipamentos

Os equipamentos necessários nas operações estão relacionados na tabela 2.

Tabela 2 – Equipamentos serem mobilizados para a obra.

	Equipamento	Quantidade	Peso Unitário (t)	Peso Médio (Tonelada)
1	Máquina de Esteira	2	10	20
2	Motoniveladora	1	15	15
3	Pá-Carregadeira	1	15	15
4	Rolo compactador	1	20	20
			Total	70

Fonte: Elaborado pelo autor

Considerando que serão transportadas 5 máquinas, sendo uma máquina por viagem, considerando a distância a serem transportados como sendo: 19 Km, mais o percurso de volta com a mesma distância, totalizando 38 km por máquinas transportada.

Considerando 2 horas por máquina entre carga e descarga dos equipamentos, temos:

- 2 horas por máquina x 5 máquinas = 10 horas de transporte.

Sendo uma mobilização e uma desmobilização

- 2 x 10 horas de transporte = **20 horas de transporte de máquinas**

b) Veículo para os trabalhos de topografia.

Considerando 20 dias de trabalho.

- 20 dias x 8 horas por dia = **160 horas de trabalho**

c) Acompanhamento Técnico e Topográfico

Considerando 20 dias de trabalho.

- 20 dias x 8 horas por dia = **160 horas de trabalho**

3.2 remoção e reserva de material orgânico do solo

Esta atividade consiste em raspar a camada superficial do solo na espessura de aproximadamente 0,40m, e reservá-la em forma de uma aleira com vista a preservar a camada orgânica do solo e após as adequações de terraplanagem, retornar o material para as superfícies reestabelecendo a fertilidade do solo.

Para a composição do custo desta atividade adotou-se o item 98525 da Tabela SINAPI Referência 08 - 2022, sendo que, para o cálculo do material a ser trabalhado, foram utilizados os valores abaixo.

98525 - LIMPEZA MECANIZADA DE CAMADA VEGETAL, VEGETAÇÃO E PEQUENAS ÁRVORES (DIÂMETRO DE TRONCO MENOR QUE 0,20 M), COM TRATOR DE ESTEIRAS – R\$ 0,42 por M².

a) Raspagem e Enleiramento de Material Orgânico

Considerando a superfície a ser raspada como uma faixa de 20 metros em média na lateral da estrada e considerando o comprimento da estrada de 761m, concluímos que a superfície total a ser raspada e enleirada é de:

- Área de trabalho: 20 m de faixa marginal a direita ou a esquerda.
- Extensão da estrada: 761 m.
- Área (m²) = 20 m x 761 m
 - Área a ser raspada (m²) = **15.220 m²**

b) Devolução do Material Orgânico reservado

Será devolvido a mesma quantidade reservada para a reposição da fertilidade do solo no local.

- Área a ser devolvida (m²) = **15.220 m²**

c) Supressão de árvores

No trecho a ser trabalhado não existem árvores a serem abatidas.

3.3 Conformação e compactação do leito

Para a composição do custo desse item foram utilizados código 101119 e 100576 da Tabela SINAPI Referência 08 - 2022, sendo:

101119 - ESCAVAÇÃO HORIZONTAL, INCLUINDO ESCARIFICAÇÃO EM SOLO DE 2A COM TRATOR DE ESTEIRAS (100HP/LÂMINA: 2,19M3) – R\$ 8,48 m³.

100576 REGULARIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO DE SUBLEITO DE SOLO PREDOMINANTEMENTE ARGILOSO - R\$ 2,52 m².

a) Corte e Aterro Compensado

O volume de material a ser cortado e aterrado, em função da altura do greide a ser adota, e da extensão da estrada a ser adequado, sendo:

a) Trecho da estrada: 761 m

b) Largura: 8 m

c) Cálculo de volume de corte e aterro:

- Aterro médio para erguer o greide da estrada: 0,80 m

- Volume (m³) = 6.088 m² x 0,80 m de altura

- Volume (m³) = 4.870,40 m³

- Total de corte e aterro no trecho = **4870,40 m³**

b) Conformação e compactação do leito da estrada

A quantificação da conformação/abaulamento e compactação do leito carroçável é obtido pelo comprimento total da estrada em função da largura de 8m.

Sendo:

- Conformação = 761 m x 8m = 6.088 m²

- Total de estrada conformada e compactada = **6.088 m²**

3.4 Construção de camalhões/lombadas

Para cálculo de confecção das lombadas foram considerados foram adotados os itens 101230 e 100576 da Tabela SINAPI Referência 08 - 2022.

101230 - ESCAVAÇÃO VERTICAL A CÉU ABERTO, EM OBRAS DE INFRAESTRUTURA, INCLUINDO CARGA, DESCARGA E TRANSPORTE, EM SOLO DE 1ª CATEGORIA COM ESCAVADEIRA - R\$ 11,32 m³

100576 - REGULARIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO DE SUBLEITO DE SOLO PREDOMINANTEMENTE ARGILOSO – R\$ 2,52 m²

a) Número de Lombadas

- Declividade média do trecho de estrada = 2,21%

- Considerando K = 1,25 (consideramos o maior valor de K pois trata-se do leito compactado da estrada)

Utilizaremos o cálculo de distâncias para terraços:

Para o espaçamento vertical:

$$EV = 0,4518 \times K \times D^{0,58}$$

$$EV = 0,4518 \times 1,25 \times 2,21^{0,58}$$

$$EV = 0.894 \text{ m}$$

Pra o espaçamento horizontal

$$EH = \frac{100 \times EV}{D}$$

$$EH = \frac{100 \times 0.894 \text{ m}}{2,21}$$

$$EH = 40,45 \text{ m}$$

Considerando o espaçamento horizontal obtido, acrescido do comprimento das lombadas temos:

$$\text{Distância entre os eixos de lombadas} = 40,45 + 24,0 = \mathbf{64,45 \text{ m}}$$

Considerando trecho de 761m, teremos 11 lombadas.

Desconsiderando 2 pontos de baixadas existente no trecho (foram identificado nos levantamentos), resulta em **9 lombadas** a serem implantas com distância entre eixos de aproximadamente 65 m

Ao longo do trecho serão construídas 09 unidades de lombadas (NL), distribuídas conforme localização aproximada apresentada nas planta em anexo.

b) Construção das Lombadas

- Número de Lombadas (NL): 09 unidades
- Comprimento de lombada (Lc): 24m
- Largura de lombada (LL): 9 m
- Altura da lombada: 0,30 m

$$\text{Volume da lombada}^* (\text{m}^3) = (\text{Área} \times \text{Altura}) / 2$$

$$\text{Volume da lombada}^* (\text{m}^3) = (24\text{m} \times 9\text{m} \times 0,30 \text{ m}) / 2 = \mathbf{32,4 \text{ m}^3}$$

* Levou-se em conta o perfil triangular da lombada.

Considerando as 9 lombadas do trecho.

$$\text{Volume total das lombadas} (\text{m}^3) = \text{Volume da lombada} (\text{m}^3) \times 9 = 32,4\text{m}^3 \times 9 = \mathbf{291,6\text{m}^3}$$

b) Conformação, regularização e compactação da lombada

Para conformação, regularização e compactação das lombadas, adotou-se o cálculo em função da área total da superfície ocupada pelas lombadas, sendo:

- Número de Lombadas (NL): 09 unidades
- Comprimento de lombada (Lc): 24 m
- Largura de lombada (LL): 9 m
- Compactação: 1 aplicações

Tem-se:

Área de superfície: 9 unidades x 24m x 9m x 1 aplicações

Área de superfície: **1.944 m²**

3.5 Abertura de sangras com segmentos de terraços

A drenagem das águas pluviais da estrada é realizada por estruturas de canaletas, lombas e terraços adjacente as lombas.

O dimensionamento dos terraços adjacentes pode ser calculado conforme itens 99062 e 101119 da tabela SINAPI. Referência 08 - 2022

101119 - ESCAVAÇÃO HORIZONTAL, INCLUINDO ESCARIFICAÇÃO EM SOLO DE 2A COM TRATOR DE ESTEIRAS (100HP/LÂMINA: 2,19M3) – R\$ 8,48 /m³.

a) Dimensionamento de terraços

Considerando que as lombadas foram dimensionadas 64,45 m de distância, o que aumentaria muito a seção dos terraços, adotaremos segmentos de terraços intermediários, sendo:

Considerando 18 unidades de terraços de 30 m de comprimento cada, 2 para cada lombada, resultando em um total de 540 m lineares.

Considerando

Comprimento do terraço = 30 m

Largura da plataforma = 8 m

$$h = 0,110 \text{ m}$$

$$EH = 65,45 \text{ m}$$

$$Ve = EH \times \frac{\text{Largura da plataforma}}{2} \times h \quad (1)$$

$$Ve = 65,45m \times \frac{8m}{2} \times 0,110m = 28,798 \text{ m}^3 \quad (2)$$

$$Smed = \frac{Ve}{\text{Comprimento do terraço}} = \frac{28,8}{30 \text{ m}} = 0,96 \text{ m}^2 \quad (3)$$

Considerando que o terraço recebe além da água da estrada, mas também a água das propriedades lindeiras, como forma de garantir a segurança das estruturas e também as compatibilizar com o processo construtivo, adotaremos um **acréscimo de 50%** para garantir o volume a mais de água recebida e **acréscimo de 10%** como margem de segurança de segurança. A seção do terraço, resulta em:

$$Smed = 0,96 \text{ m}^2 \times 1,6 = \mathbf{1,44 \text{ m}^2}$$

b) Construção de Terraço

O cálculo para dimensionamento da construção dos terraços é dado pelo volume de solo movimentado, sendo este obtido pela multiplicação da seção dos terraços pelo comprimento das estruturas.

- Área de seção do terraço: 1,54 m³/m
- Comprimento total: 540 m (18 unidades x 30m de comprimento)
- Volume total de solo = 1,54 m³/m x 540 m
- Volume total de solo = **831,6 m³**

3.6 Reconstituição de cerca

Após a conclusão dos trabalhos de adequação do trecho de estrada serão implantadas as cercas de divisa conforme o item 74039/1 da Tabela SINAPI.

Neste trabalho não está o fornecido de material de cercamento para o lindeiros, apenas a mão de obra de remontagem das cercas. Como a tabela SINAPI não possui um valor especificado para o trabalho de montagem de cerca apenas, consideraremos o item de menor valor referente a cercas nele apresentado como referência para o trabalho de montagem.

101188 - RECOMPOSIÇÃO PARCIAL DE ARAME FARPADO Nº 14 CLASSE 250, FIXADO EM CERCA COM MOURÕES DE CONCRETO - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_05/202 – R\$ 6,50 /m

Portanto, considerando que o trecho possui 761 metros de extensão com cerca em ambos os lados, totalizando, portanto, **1.522 m** de cerca a serem construídas.

4. PLANILHA DE ORÇAMENTO SINAPI

Tabela 2 – Orçamento conforme SINAPI

Item	Código SINAPI	Unidade	Valor Unidade R\$	Previsto	Valor previsto R\$
3.1 AÇÕES PRELIMINARES					27.726,40
CAMINHÃO BASCULANTE 14 M3, COM CAVALO MECÂNICO DE CAPACIDADE MÁXIMA DE TRAÇÃO COMBINADO DE 36000 KG, POTÊNCIA 286 CV, INCLUSIVE SEMIREBOQUE COM CAÇAMBA METÁLICA	89876	Hora	337,60	20	6.752,00
CAMINHONETE CABINE SIMPLES COM MOTOR 1.6 FLEX, CÂMBIO MANUAL, POTÊNCIA 101/104 CV, 2 PORTAS	92145	Hora	72,61	160	11.617,60
TOPOGRAFO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	90781	Hora	58,48	160	9.356,80
3.2 REMOÇÃO E RESERVA DE MATERIAL ORGÂNICO DO SOLO					12.784,80
LIMPEZA MECANIZADA DE CAMADA VEGETAL, VEGETAÇÃO E PEQUENAS ÁRVORES (DIÂMETRO DE TRONCO MENOR QUE 0,20 M), COM TRATOR DE ESTEIRAS	98525	m ²	0,42	15220	6.392,40
LIMPEZA MECANIZADA DE CAMADA VEGETAL, VEGETAÇÃO E PEQUENAS ÁRVORES (DIÂMETRO DE TRONCO MENOR QUE 0,20 M), COM TRATOR DE ESTEIRAS	98525	m ²	0,42	15220	6.392,40
3.3 CONFORMAÇÃO E COMPACTAÇÃO DO LEITO					56.642,75
ESCAVAÇÃO HORIZONTAL, INCLUINDO ESCARIFICAÇÃO EM SOLO DE 2A COM TRATOR DE ESTEIRAS (100HP/LÂMINA: 2,19M3).	101119	m ³	8.48	4870.4	41.300,99
REGULARIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO DE SUBLEITO DE SOLO PREDOMINANTEMENTE ARGILOSO	100576	m ²	2.52	6088	15.341,76

Fonte: elaborado pelo autor

Tabela 2 – Orçamento conforme SINAPI

Item	Código SINAPI	Unidade	Valor Unidade R\$	Previsto	Valor previsto R\$
3.4 CONTRUÇÃO DA CAMALHÕES/LOMBADAS					8.199,79
ESCAVAÇÃO VERTICAL A CÉU ABERTO, EM OBRAS DE INFRAESTRUTURA, INCLUINDO CARGA, DESCARGA E TRANSPORTE, EM SOLO DE 1ª CATEGORIA COM ESCAVADEIRA	101230	m³	11,32	291.6	3.300,91
REGULARIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO DE SUBLEITO DE SOLO PREDOMINANTEMENTE ARGILOSO	100576	m²	2,52	1944	4.898,88
3.5 ABERTURA DE SANGRAS COM SEGMENTOS DE TERRAÇOS					7.049,42
ESCAVAÇÃO HORIZONTAL, INCLUINDO ESCARIFICAÇÃO EM SOLO DE 2A COM TRATOR DE ESTEIRAS (100HP/LÂMINA: 2,19M3	101119	m³	8,48	831.3	7.049,42
3.6 RECONSTITUIÇÃO DE CERCA					9.893,00
RECOMPOSIÇÃO PARCIAL DE ARAME FARPADO Nº 14 CLASSE 250, FIXADO EM CERCA COM MOURÕES DE CONCRETO - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_05/202	101188	m	6,50	1522	9,893,00
Total					112.403,16

Fonte: elaborado pelo autor

5. RELATÓRIO FOTOGRÁFICO

Figura 2 – Estrada com processo erosivo acelerado, leito encaixado



Fonte: Elaborado pelo autor. Data 20/02/2021

Figura 3 – Estrada com processo erosivo acelerado, leito encaixado.



Fonte: Elaborado pelo autor. Data 20/02/2021

Figura 4 – Estruturas ineficientes com formação de ravinas, leito encaixado



Fonte: Elaborado pelo autor. Data 20/02/2021

Figura 5 – Formação de areia nas baixadas.



Fonte: Elaborado pelo autor. Data 20/02/2021

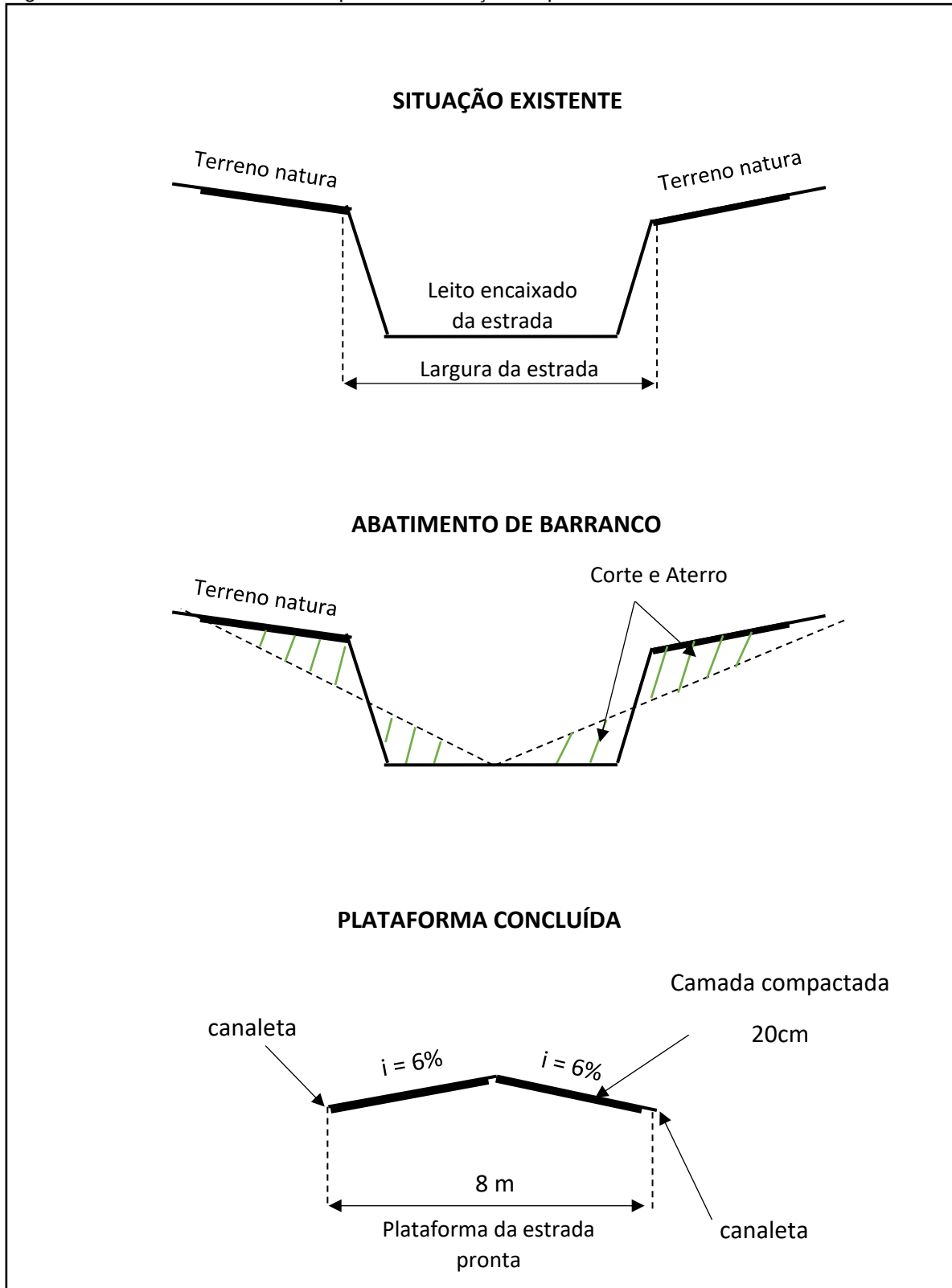
Figura 6 – Estrada encaixada com barrancos laterais e presença de vegetação arbustiva.



Fonte: Elaborado pelo autor. Data 20/02/2021

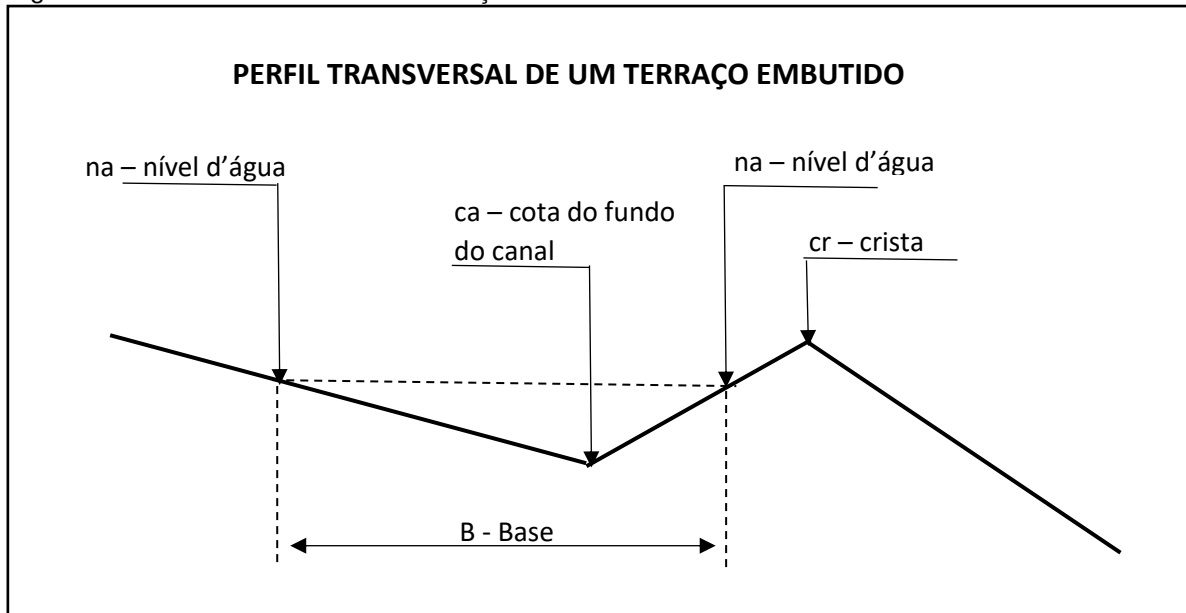
6. EXEMPLOS DAS INTERVENÇÕES E ESTRUTURAS

Figura 7 - Abatimento do barranco para conformação da plataforma



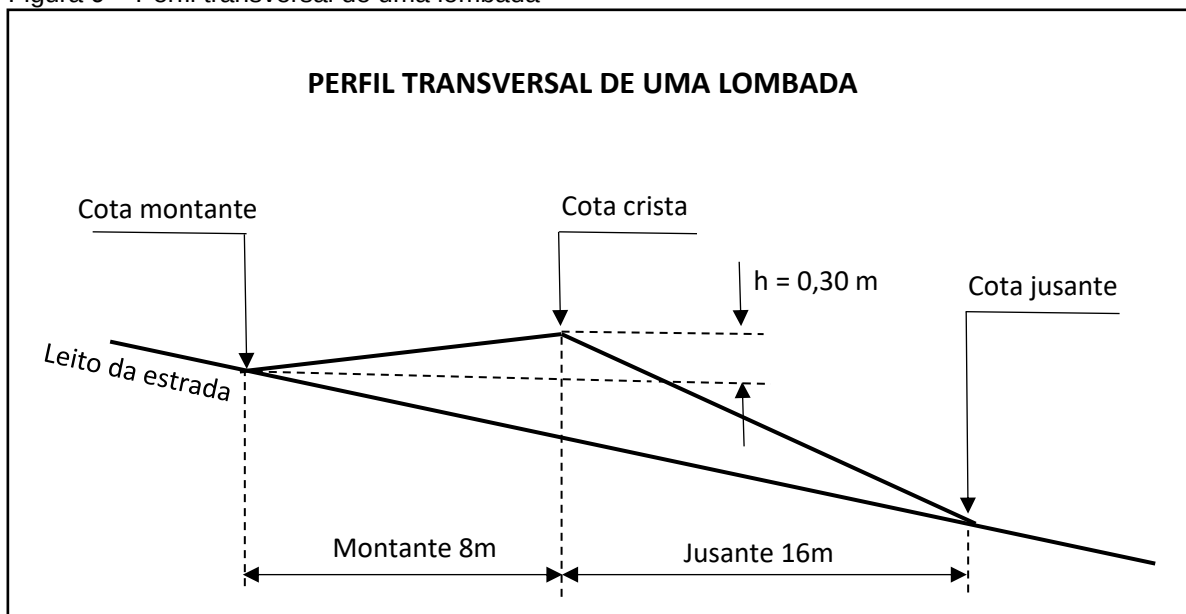
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 8 – Perfil transversal de um terraço embutido



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 9 – Perfil transversal de uma lombada



Fonte: Elaborado pelo autor

7. PLANTA DE ESTRUTURAS DE DRENAGEM

