



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

**SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM
GEOGRAFIA**



MARCELO JOÃO ZAWADZKI

**IDENTIFICAÇÃO, MONITORAMENTO E CONTROLE DE PROCESSOS
EROSIVOS EM EMPREENDIMENTO FERROVIÁRIO**

RELATÓRIO TÉCNICO

**CURITIBA
2016**

MARCELO JOÃO ZAWADZKI

**IDENTIFICAÇÃO, MONITORAMENTO E CONTROLE DE PROCESSOS
EROSIVOS EM EMPREENDIMENTO FERROVIÁRIO**

Relatório técnico apresentado ao curso de Pós-graduação em Geografia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Análise Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo José Cordeiro Santos.

**CURITIBA
2016**

APRESENTAÇÃO

O presente estudo trata-se de um relatório técnico relacionado a identificação, monitoramento e controle de processos erosivos localizados na faixa de domínio de um empreendimento ferroviário em um trecho de 30 quilômetros inserido no estado de São Paulo, nos municípios de Idaiatuba e Campinas. Para o estudo foram utilizados dados coletados juntamente a concessionária que opera no trecho ferroviário, ao longo de quatro campanhas de monitoramento ambiental em período trimestral, no âmbito do cumprimento da condicionante operacional imposta pelo IBAMA para a empresa.

O relatório tem por finalidade realizar uma análise do contexto aos quais foram concebidos os processos, relacionando fatores geológicos, pedológicos, climáticos, hidrológicos e antrópicos, assim como identificar os riscos que cada processo possa estar causando a via permanente, a terceiros e/ou ao meio ambiente, de acordo com seu grau de criticidade, propondo medidas preventivas e corretivas para minimizar os impactos decorrentes das feições cadastradas assim como indicações de possíveis melhorias na metodologia.

O estudo em questão foi orientado pelo Prof. Dr. Leonardo José Cordeiro Santos.

RESUMO

O presente relatório técnico traz uma análise referente ao monitoramento ambiental de processos erosivos em um trecho ferroviário de 30 quilômetros de extensão, localizado nos municípios de Indaiatuba-SP e Campinas-SP. Os dados utilizados para a análise foram coletados seguindo metodologia utilizada pela concessionária que opera no trecho ferroviário em questão. O objetivo do trabalho foi realizar uma caracterização dos processos monitorados no trecho, e realizar breve avaliação do método utilizado, sugerindo medidas para a correção das feições registradas e sugestões para o aprimoramento da metodologia proposta. O método demonstra-se viável, porém para um trecho limitado e uma quantidade pequena de pontos monitorados. Para realizar uma análise de uma grande quantidade de pontos, foram sugeridas alterações na metodologia por meio da utilização de cruzamento dos dados coletados em campo com fatores do meio físico, a fim de verificar as feições que possuem maior potencial a evoluírem e causar danos e/ou impactos ambientais. Destacando que o foco do monitoramento ambiental de processos erosivos está no impacto, ou no possível impacto que o processo pode causar a via permanente, a terceiros ou ao meio ambiente.

Palavras-chave: Monitoramento ambiental; Processos erosivos; Erosão; Ferrovia; Análise ambiental.

ABSTRACT

This technical report presents an analysis related to the environmental monitoring of erosive processes in a 30-kilometer rail stretch, located in the counties of Indaiatuba-SP and Campinas-SP. The data used for the analysis were collected following a methodology used by the concessionaire operating in the railway section in question. The objective of this work was to characterize the processes monitored in the section, and to carry out a brief evaluation of the method used, suggesting measures for the correction of registered features and suggestions for the improvement of the proposed methodology. The method is feasible, however for a limited stretch and a small number of monitored points. In order to carry out an analysis of a large number of points, changes in the methodology were suggested through the use of cross-referencing the data collected in the field with physical factors, in order to verify the features that have the greatest potential to evolve and cause damage and / or environmental impacts. Emphasizing that the focus of environmental monitoring of erosion processes is on the impact, or on the possible impact that the process can cause the permanent way, third parties or the environment.

Keywords: Environmental monitoring; Erosive processes; Erosion; Railroad; Environmental analysis.

LISTA DE FIGURAS E FOTOS

Figura 1 - Organograma apresentando as fases do monitoramento ambiental de processos erosivos.....	12
Figura 2 - Localização da área de estudo.	30
Figura 3 - Classificação climática de Köppen-Geiger no estado de São Paulo.....	36
Figura 4 - Cursos hídricos e principais rios da área de estudo.	37
Figura 5 - Unidades de conservação localizadas ao norte da área de estudo.	38
Figura 6 - Localização dos processos monitorados.	40
Figura 7 - Localização do WPT 1.....	41
Figura 8 - Localização do WPT 2.....	43
Figura 9 - Localização do WPT 3.....	45
Figura 10 - Localização do WPT 4.....	47
Figura 11 - Localização do WPT 5.....	49
Figura 12 - Localização do WPT 6.....	51
Figura 13 - Localização do WPT 7.....	53
Figura 14 - Localização do WPT 8.....	55
Figura 15 - Localização do WPT 9.....	57
Foto 1 - Registros fotográficos referentes ao ponto monitorado WPT 1.....	42
Foto 2 - Registros fotográficos referentes ao ponto monitorado WPT 2.....	44
Foto 3 - Registros fotográficos referentes ao ponto monitorado WPT 3.....	46
Foto 4 - Registros fotográficos referentes ao ponto monitorado WPT 4.....	48
Foto 5 - Registro fotográfico referente ao ponto monitorado WPT 5.	50
Foto 6 - Registro fotográfico referente ao ponto monitorado WPT 6.	52
Foto 7 - Registros fotográficos referentes ao ponto monitorado WPT 7.....	54
Foto 8 - Registro fotográfico referente ao ponto monitorado WPT 8.	56
Foto 9 - Registro fotográfico referente ao ponto monitorado WPT 9.	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características indicadoras de deslizamento	18
--	----

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	iii
RESUMO	iv
ABSTRACT	v
LISTA DE FIGURAS E FOTOS	vi
LISTA DE TABELAS	vii
1. INTRODUÇÃO	10
1.1 Objetivos gerais	10
1.2 Objetivos específicos	10
2. ABORDAGEM METODOLÓGICA	12
2.1. ORGANIZAÇÃO	12
2.1.1 Tipologia dos fenômenos	14
2.1.2 Criticidade	16
2.1.3 Pontos emergenciais	19
2.1.4 Declividade.....	19
2.1.5 Cobertura vegetal	20
2.1.6 Uso do solo (entorno)	21
2.1.7 Sistemas de drenagem (associados aos processos erosivos e movimentos de massa)	22
2.1.8 Tipo de sistema de drenagem associado	22
2.1.9 Estado de conservação do sistema de drenagem associado	24
2.1.10 Causa identificada (secundária)	24
2.1.11 Tipos de alterações	25
2.1.12 Obras de contenção	27
2.2. CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL	28
2.3. ANÁLISE DE DADOS	28
3. CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA ÁREA DE ESTUDO	29
3.1. LOCALIZAÇÃO	29
3.2. ASPECTOS DO MEIO FÍSICO	31
3.2.1 Caracterização geológica	31

3.2.2 Caracterização geomorfológica	34
3.2.2 Caracterização pedológica	34
3.2.3 Caracterização climática	35
3.2.4 Caracterização hidrográfica	36
3.3. ASPECTOS DO MEIO BIÓTICO.....	37
3.3.1 Identificação e caracterização de unidades de conservação	37
3.4. ASPECTOS JURÍDICOS E NORMAS TÉCNICAS	38
4. RESULTADOS.....	40
4.1 Diagnóstico do ponto monitorado WPT 1	41
4.2 Diagnóstico do ponto monitorado WPT 2	43
4.3 Diagnóstico do ponto monitorado WPT 3	45
4.4 Diagnóstico do ponto monitorado WPT 4	47
4.5 Diagnóstico do ponto monitorado WPT 5	49
4.6 Diagnóstico do ponto monitorado WPT 6	51
4.7 Diagnóstico do ponto monitorado WPT 7	53
4.8 Diagnóstico do ponto monitorado WPT 8	55
4.9 Diagnóstico do ponto monitorado WPT 9	57
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
7. ANEXOS	65

1. INTRODUÇÃO

O presente relatório apresenta estudos baseados em dados coletados juntamente a empresa do ramo ferroviário relacionados a identificação e o monitoramento de processos erosivos assim como de feições de movimentos de massa presentes dentro da faixa de domínio do empreendimento, caracterizando, diagnosticando e propondo medidas a serem tomadas para prevenção e o controle e, conseqüentemente, promovendo assim a atenuação dos possíveis efeitos que tais processos possam estar exercendo ao meio o qual está inserido, preservando a operação ferroviária, a comunidade lindeira, os bens patrimoniais e o meio ambiente.

1.1 Objetivos gerais

Analisar e qualificar as feições erosivas e aquelas derivadas de movimentos de massa registradas pela empresa que opera no trecho em estudo e que estão presentes dentro da faixa de domínio da via permanente, realizar caracterização do meio ao qual tais eventos foram concebidos, propondo medidas viáveis para a prevenção e correção de acordo com a particularidade identificada em cada ponto, avaliando a metodologia e sugerindo melhorias em seus procedimentos.

1.2 Objetivos específicos

- Delimitar a área de estudo;
- Realizar a caracterização ambiental da área de estudo, nas esferas do meio físico, biótico e socioeconômico;
- Realizar diagnóstico do contexto em que foram concebidos os processos erosivos e os movimentos de massa;
- Identificar a quem ou o que cada evento oferece risco: a via permanente, a terceiros ou ao meio ambiente;
- Apresentar dados propondo medidas corretivas e preventivas por meio de alternativas viáveis para o controle efetivo dos processos erosivos e feições derivadas de movimentos de massa;

- Realizar avaliação na metodologia de coleta de dados e propor melhorias para seu aprimoramento.

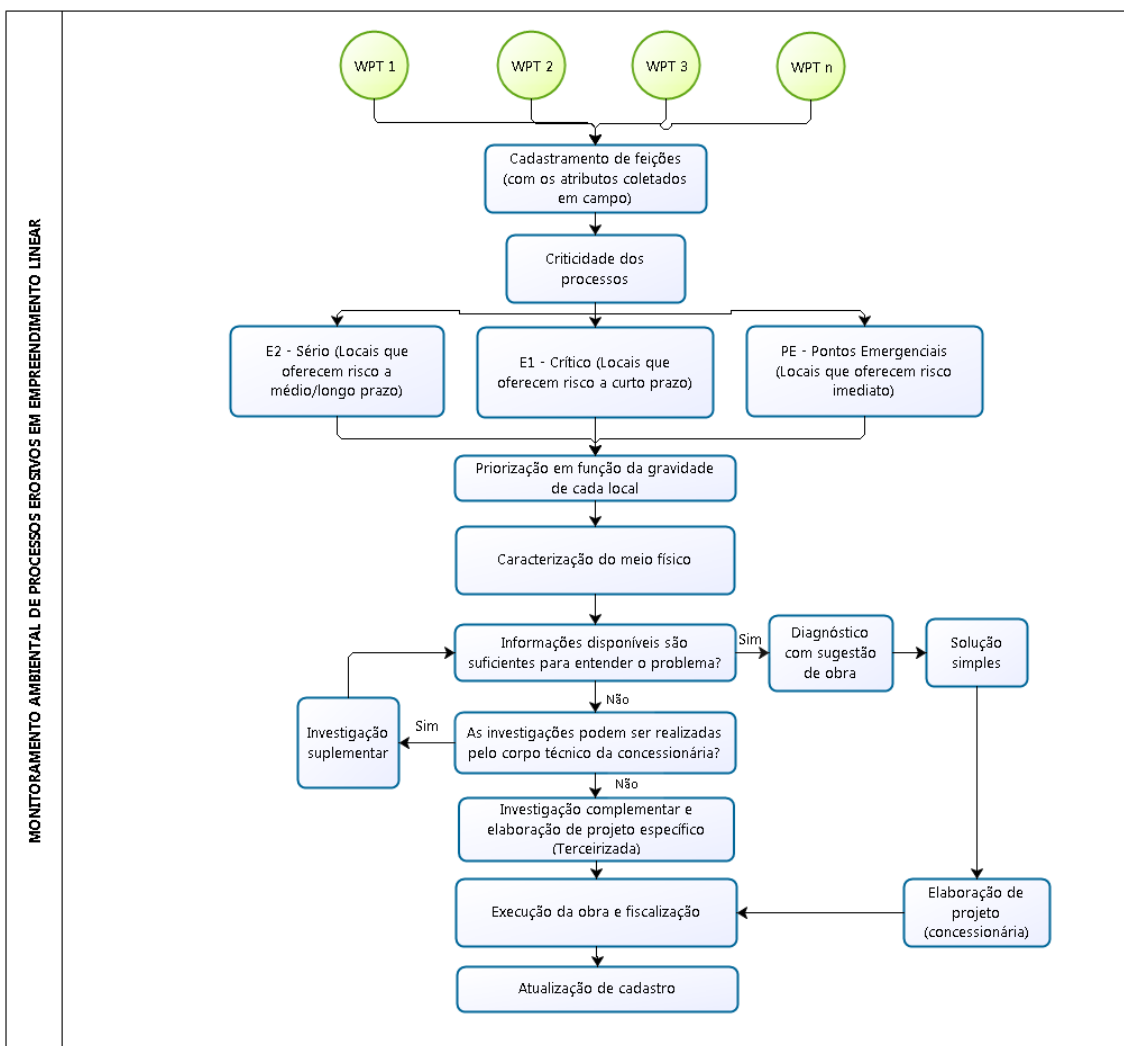
2. ABORDAGEM METODOLÓGICA

2.1. ORGANIZAÇÃO

É importante frisar que o foco do monitoramento é identificar, acompanhar e propor medidas aos processos que oferecem risco a via permanente ou a terceiros ou ainda os que tem potencial em causar ou que já estejam causando impacto ambiental procedente.

O organograma a seguir apresenta as fases que compõem o monitoramento ambiental de processos erosivos em empreendimento ferroviário, baseado na forma que corresponde o andamento da concessionária:

Figura 1 - Organograma apresentando as fases do monitoramento ambiental de processos erosivos.



Fonte: Autor, 2016. (Adaptado do manual de taludes de rodovias do DER e do modelo seguido pela concessionária)

Para a elaboração do relatório foi selecionado um trecho ferroviário aleatório com extensão de 30 quilômetros pertinentes a operação ferroviária de concessionária que detém licença para a malha ferroviária paulista. Ao longo da extensão do trecho foram identificadas e cadastradas nove feições, contendo os mais variados dados de classificações e que seguiu metodologia de coleta primária de dados da empresa que opera no trecho ferroviário.

O trecho em estudo compreende a extensão contida entre os kms 225+000 e 255+000, inserido em dois municípios localizados no estado de São Paulo: Idaiatuba e Campinas. Para caracterização do meio foi determinado a delimitação da unidade de estudo em um buffer de 5 quilômetros para cada lado partindo do eixo da ferrovia.

Para levantamento dos dados primários ao longo das quatro campanhas foram utilizados os seguintes materiais:

- 1 GPS Garmin ETREX 30;
- 1 Planilha de campo;
- 1 Máquina fotográfica NIKON COOLPIX S2800.

A coleta de dados foi realizada em veículo ferroviário, denominado auto de linha, o qual percorreu o trecho em questão trimestralmente ao longo de quatro campanhas de monitoramento ambiental nos meses de setembro de 2015, janeiro, março e junho de 2016 em velocidade restrita (em torno de 30km/h), em cumprimento a condicionante imposta pelo órgão ambiental, o qual impõe a execução de uma série de programas ambientais para a manutenção da licença de operação da concessionária.

O trabalho em campo consistiu no reconhecimento visual, registro e qualificação dos processos erosivos e das feições derivadas dos movimentos de massa, bem como das áreas suscetíveis. As feições foram identificadas, classificadas e monitoradas, sendo registradas informações como: WPT, número da foto, classificação, sistema de drenagem associado, tipo de alteração ocasionada, presença de obra de contenção, estado da obra de contenção e observações referentes a cada feição.

Os dados primários coletados em campo e descritos anteriormente, foram tabulados e organizados em uma única planilha, contendo informações complementares às coletadas em campo. Foram inseridas para cada ponto notável as seguintes informações: Estado; Município; quilometragem da via; coordenadas geográficas em graus decimais; uso do solo no entorno e os registros fotográficos coletados em todas as campanhas.

Para as fases de coleta primária e tratamento dos dados, foram adotadas as diretrizes metodológicas utilizadas pela concessionária e que serão apresentadas a seguir.

Os atributos de qualificação de processos erosivos e movimentos de massa a serem verificados na fase de coleta de dados em campo são: tipologia do fenômeno, severidade, declividade, cobertura vegetal, uso do solo do entorno e identificação de pontos emergenciais. Todos os sistemas de drenagem identificados com alguma interação, seja do processo atuando negativamente sobre o sistema ou do sistema atuando negativamente sobre o processo, foram registrados em um único ponto notável dentro do escopo de avaliação de processos erosivos, visando uma integração das causas e efeitos e proporcionando melhor resultado na proposição de medidas preventivas e corretivas nesses casos. Obras de contenção danificadas ou ineficientes também serão tratadas juntamente aos processos erosivos e movimentos de massa.

Os atributos de qualificação são descritos a seguir, acompanhados de uma breve revisão sobre seus conceitos e definições, visando a uniformidade no seu entendimento por diferentes corpos técnicos.

2.1.1 Tipologia dos fenômenos

A classificação quanto à tipologia permite a inferência sobre os agentes condicionantes e a criticidade dos fenômenos, remetendo às causas precursoras dos processos.

Processos erosivos são conceituados como fenômenos naturais que promovem o desgaste e modelagem da superfície terrestre, por meio de processos físicos, químicos e biológicos (GUERRA, 1997). No contexto do ciclo geológico, estes fenômenos estão intimamente associados aos processos de transporte e deposição de sedimentos.

Quanto à tipologia dos processos erosivos, estes foram classificados, no âmbito do presente estudo, em:

- **Erosão laminar:** tipo de erosão hídrica que dá origem a incisões no terreno pouco profundas e difusas, causadas por fluxos rasos não canalizados, associados a drenagens rápidas, de grande volume de águas pluviais e carregadas de partículas sólidas, de granulometria variando de argila (0,002 mm) a areia grossa (2,0 mm), relacionadas a chuvas torrenciais e esporádicas (SUGUIO, 2003);
- **Erosão em sulcos:** incisões comumente subparalelas e com maior profundidade, causadas pela mudança na forma do escoamento superficial, que passa de difuso para concentrado (GUERRA, 1997);
- **Ravinas:** resultam do aprofundamento dos sulcos em função do aumento no fluxo concentrado das águas pluviais, representando a continuidade do processo de erosão linear (GUERRA, 1997). As ravinas dão origem a incisões profundas no terreno, que alteram a geometria dos taludes;
- **Voçorocas:** consiste no desenvolvimento de canais nos quais o fluxo superficial se concentra. Formam-se devido à variação da resistência à erosão, que em geral é devida a pequenas mudanças na elevação ou declividade dos terrenos. Voçoroca é o estágio mais avançado de erosão acelerada correspondendo à passagem gradual do processo de ravinamento, até atingir o lençol freático, com o aparecimento de surgências d'água. Diversos processos estão presentes na voçoroca, dentre eles podemos citar os relacionados com o escoamento pluvial (lavagem superficial e formação de sulcos), de erosão interna do solo (piping), solapamentos e escorregamentos dos solos, além da erosão feita pela água do escoamento pluvial (BACCARO, 1994).

Os movimentos de massa podem ter origem a partir da evolução de processos erosivos, ou então ocorrer independentemente destes, desencadeados por causas naturais ou induzidos pela ação antrópica. Podem ser definidos como o deslocamento de solo e rocha vertente abaixo sob influência da gravidade. As condições que favorecem os movimentos de massa dependem principalmente da estrutura geológica, da declividade da vertente (forma topográfica), do regime de chuvas (destacando os episódios pluviais intensos), da perda da vegetação e da atividade antrópica, bem

como a existência de espessos mantos de intemperismo e presença de níveis impermeáveis que atuam como planos de deslizamento (BIGARELLA, 2003).

Na esfera do presente relatório, para a coleta de dados, os movimentos de massa foram classificados em duas categorias quanto à tipologia, definidas de acordo com os critérios propostos por Augusto Filho (1992):

- **Escorregamentos ou deslizamentos:** caracterizam movimentos rápidos (m/h a m/s), com superfície de ruptura (limites laterais e profundidade) bem definida. Os volumes instabilizados são facilmente identificados, e podem envolver solo, saprólito, rocha e depósitos. O principal agente deflagrador destes processos são as chuvas;
- **Queda de blocos:** são processos extremamente rápidos (m/s) e envolvem blocos e/ou lascas, de granulometria variando de pedregulho fino (2,0 mm) a matacão (>200 mm), de rocha em movimento de queda livre, instabilizando um volume de rocha relativamente pequeno. A ocorrência deste processo está condicionada à presença de descontinuidades no maciço rochoso, penetração de raízes e variações na amplitude térmica, que propiciam o isolamento de blocos unitários de rocha.

2.1.2 Criticidade

Este atributo avalia as feições em relação a dimensão, grau de evolução e complexidade dos fenômenos, assim como a sua inter-relação com os demais componentes ambientais e localização em relação à faixa de domínio. Trata-se de uma avaliação holística do contexto do evento.

- **E1 – Crítico:** representam áreas com processos erosivos instalados de grande porte e complexidade, e aquelas cujo material mobilizado por movimentos de massa já passam a oferecer risco à segurança e operação da ferrovia, aos bens patrimoniais e/ou civis, ou que representam impacto ambiental procedente. Também estão incluídos

nesta categoria os locais com indícios iminentes de deflagração de movimentos de massa.

- **E2 – Sério:** processos erosivos instalados que não oferecem riscos imediatos à via permanente, não apresentam impactos ao meio ambiente, aos bens patrimoniais e a comunidade lindeira. Contudo são processos com potencial de se agravar, constituindo impactos efetivos, podendo se desenvolver também por meio da deflagração de movimentos de massa em função de fenômenos naturais, como intemperismo (físico, químico e biológico) e alto índice pluviométrico ou em função de condicionantes antrópicos, como a ocupação irregular de áreas de risco marginais à ferrovia, a execução de taludes de corte e de aterro ou outras obras geotécnicas deficientes, drenagens subdimensionadas, obstruídas e/ou danificadas, etc;

Para a avaliação da criticidade foram avaliadas uma grande gama de indicadores que determinam a condição atual do talude ou encosta natural, levando em consideração condições como a dimensão, o potencial do processo baseado em indicadores visuais de instabilidade e a distância da feição em relação a fatores a quem ela possa apresentar risco tanto a operação ferroviária quanto a terceiros ou ao meio ambiente.

Existem diversos indicadores visuais da instabilidade de vertentes que são muito úteis para identificação de potenciais áreas com tendências a apresentar movimento de massa. A identificação de encostas instáveis ou com alto potencial a movimentação de massa foi realizada utilizando-se indicadores topográficos, vegetativos, hidrológicos e geológicos, como os descritos na Tabela 1.

A maioria desses sinais de instabilidade nas vertentes podem ser identificadas por meio de reconhecimento visual em campo. Esses dados são de grande utilidade para a elaboração de propostas de medidas preventivas e corretivas e podem ser identificadas durante ou após uma perturbação na encosta (ARAÚJO et al., 2013).

Tabela 1 - Características indicadoras de deslizamento

Característica	Importância
1. Fendas de tração	Antes de ocorrer um deslizamento de terra, o topo do talude se rompe por tração, resultando na formação de fendas. O monitoramento destas pode estimar a taxa de movimentação do terreno.
2. Trincas e Fissuras	Característica comum em deslizamentos progressivos antigos e ativos. Trincas é uma forma atenuada de fissuras, sendo menos profundas que estas. Fissuras são rachaduras no terreno, profundas, e o monitoramento destas pode estimar a taxa de movimentação do terreno.
3. Mudança abrupta na encosta	Pode indicar tanto uma área com deslizamento antigo como uma mudança nas características da erosão do material subsuperficial.
4. Topografia em degraus	Indicação de ruptura progressiva; a série contínua de deslizamentos (rotacionais) pode fazer com que o plano de deslizamento pareça uma escada.
5. Solapamento do solo	Ruptura de taludes marginais de rios por erosão e ação instabilizadora das águas durante ou após enchentes e inundações; ruptura de terrenos, geralmente íngremes, sob influência da ação erosiva da água pluvial ou subterrânea provocando um aprofundamento do solo.
6. Poças na vertente	As depressões ou bacias locais formadas como resultado da característica 4 agem como fontes de infiltração que podem acentuar ou acelerar a ruptura na encosta.
7. Insurgência de água na vertente	Comum em massas de deslizamento e áreas com alto potencial de deslizamento; geralmente pode ser identificada pela presença associada de vegetação freatófita.
8. Vegetação incongruente	Manchas ou áreas de vegetação muito jovem ou muito diferente podem indicar deslizamentos recentes;
9. Árvores e postes tortos	Árvores inclinadas em uma encosta são indicadores de episódios prévios de movimento na encosta ou rastejamento.
10. juntas ou planos de deslizamentos	Superfície potencial para deslizamentos (movimentos translacionais) da encosta.
11. Drenagem	As condições do escoamento da água pluvial é um fator determinante para a estabilidade da encosta. Um sistema eficiente irá destinar a água, evitando que o fluxo corrente e, por vezes torrencial, gere uma enxurrada sobre a encosta, e desencadeie um movimento de massa.
12. Tipos de ocupação	Uma encosta com a vegetação natural tem apenas influência dos meios naturais para causar um movimento de massa. Encostas com vegetação suprimida, urbanizadas ou pastagens, além da vulnerabilidade do solo (mais propício a erosão) existe o fator da sobrecarga (imóveis) e compactação do solo (pastos).

Fonte: Adaptado de Gray e Leiser, 1982.

2.1.3 Pontos emergenciais

Adicionalmente às categorias supra descritas, os fenômenos classificados como E1 também podem ser considerados como “pontos emergenciais”. Estão enquadrados nesta classificação todos os pontos que apresentam risco iminente à segurança e operação da ferrovia, aos bens patrimoniais e/ou civis ou que representam impacto ambiental procedente e visualmente de alto grau. Para definição de um ponto emergencial é necessário realizar uma análise qualitativa sobre as estruturas de instabilidade do terreno, a dimensão do processo, o volume do material a ser mobilizado e a localização geográfica, relacionando se estão inseridos em áreas ambientalmente sensíveis. Incluem-se nos “pontos emergenciais”, por exemplo, as voçorocas de grandes dimensões em expansão, as quedas de barreiras com significativos volumes de material mobilizado e os locais com indícios de deflagração iminente de deslizamentos ou queda de blocos e que estejam localizados a uma distância não segura a via ou a civis, processos erosivos de grandes dimensões que mobilizam grande quantidade de material para corpos hídricos próximos, causando assoreamento, etc.

2.1.4 Declividade

A importância da declividade e do comprimento das vertentes para a erosão é atribuída à influência que estes fatores exercem sobre a velocidade e o volume do escoamento superficial. A forma das vertentes, por sua vez, atua direta e indiretamente no escoamento superficial e na erosão, com importantes implicações para o balanço de materiais e natureza dos processos.

Bloom (1970) identifica aquelas cujas curvas de nível deslocam-se de forma convexa para fora das mesmas como distribuidoras de água, nas quais a água se espalha lateralmente vertente abaixo, tendendo esses setores a serem mais secos que as concavidades. Ao contrário, as vertentes de contornos côncavos são consideradas coletoras de água, a jusante das quais se localizam as nascentes de rios. O autor destaca ainda que, geralmente, a superfície superior convexa do perfil da vertente é controlada por escorregamentos, em especial o rastejamento, ao

passo que nos trechos inferiores, côncavos, predomina o transporte pela água, caracterizado pelo escoamento laminar ou em sulcos.

Tendo como base a proposta de Augusto Filho et. al (1988), foram estipuladas as seguintes classes de declividade para coleta em campo:

Tabela 7 - Classes de declividade

Classe	Inclinação (graus)
A - Alta	Acima de 45°
B - Média	21° a 45°
C - Baixa	0° a 20°

Fonte: Adaptado de Augusto Filho et al, 1988.

Embora a declividade esteja comumente associada aos tipos de relevo no contexto geomorfológico, para o presente estudo, esta foi empregada com intuito de verificar o grau de inclinação, tanto para taludes naturais quanto para taludes de corte e de aterro, facilitando a padronização dos dados coletados em campo.

2.1.5 Cobertura vegetal

Promovida por fatores antrópicos, notadamente por práticas agropecuárias e silviculturais extensivas, a remoção da vegetação original torna o solo vulnerável ao impacto das gotas de chuva (splash), acelera o escoamento superficial e favorece a aceleração da erosão e a deflagração de movimentos de massa. A expansão da malha urbana, sobretudo em áreas de ocupação irregulares, também pode ser acompanhada pela retirada indiscriminada da cobertura vegetal, aumentando a suscetibilidade erosiva dos terrenos.

Quando associada a condicionantes geológicas, as áreas suprimidas de vegetação original tornam-se suscetíveis ao desenvolvimento de focos erosivos e movimentos de massa, principalmente em períodos chuvosos.

Quanto à cobertura vegetal, as encostas avaliadas no âmbito do presente programa podem ser classificadas em:

- **Solo exposto:** solo desprovido de cobertura vegetal e sujeito à ação dos agentes intempéricos. Inclui os taludes de corte e de aterro, os

depósitos de material excedente desprotegidos e os afloramentos rochosos;

- **Gramíneas e/ou vegetação arbustiva:** ambientes constituídos por campo natural ou vegetação exótica rasteira que podem apresentar espécies arbustivas de pequeno e médio porte (exóticas ou nativas).
- **Vegetação arbórea:** ambientes onde existe a presença de vegetação arbórea de médio e grande porte (exóticas ou nativas).

É importante ressaltar que o levantamento deste atributo é verificado conforme a condição da cobertura vegetal no entorno das feições registradas, tendo em vista que se fosse avaliada a cobertura vegetal tendo como base a feição em si, seria predominante o solo exposto. Dessa forma é possível a avaliação do contexto em que está inserida a feição, podendo verificar a maior ou menor susceptibilidade do evento se estender, ou que ocorram outros focos similares no entorno.

2.1.6 Uso do solo (entorno)

Apesar do foco do monitoramento dos processos erosivos e movimentos de massa estar relacionado a processos instalados dentro da faixa de domínio da ferrovia, o registro do uso do solo do entorno permite a realização de uma avaliação integrada, onde será possível identificar dentro de que ambiente o processo está inserido, possibilitando uma melhor avaliação a respeito da possível influência que o processo pode causar a terceiros e ao meio ambiente.

O uso do solo também influencia na aceleração do processo erosivo. A supressão da vegetação natural causa uma quebra no equilíbrio do meio, removendo as camadas mais superficiais do solo que são facilmente lixiviadas pelas águas pluviais, expondo as camadas do subsolo e promovendo a remoção de partículas destas, culminando o surgimento de ravinas e voçorocas (SILVA,1990).

Dessa forma foram elencados os seguintes usos de solo para registro em campo:

- Agricultura
- Pastagem (natural ou artificial)

- Urbano
- Silvicultura
- Floresta Nativa
- Campos Naturais
- Outros (especificar)

2.1.7 Sistemas de drenagem (associados aos processos erosivos e movimentos de massa)

Os processos erosivos e movimentos de massa que tem qualquer tipo de relação com o mau funcionamento do sistema de drenagem ou que o mau funcionamento da drenagem tenha influência direta no desenvolvimento do processo erosivo, foram registrados no mesmo ponto notável, com isso é possível realizar uma melhor avaliação do contexto dos eventos.

Isto posto, serão integradas às avaliações de processo erosivos, dentro do contexto anteriormente mencionado, os quesitos: tipo de sistema de drenagem associado, estado de conservação do sistema de drenagem associado, causa identificada secundária e tipo de alteração.

2.1.8 Tipo de sistema de drenagem associado

A classificação é realizada de acordo com as tipologias mais comumente encontradas na via. As definições das estruturas, apresentadas a seguir, tem como base as definições propostas pelo Manual de Drenagem de Rodovias elaborado pelo DNIT, e que se igualam as estruturas presentes ao longo da ferrovia:

- **Valetas:** valetas de proteção de corte e as valetas de proteção de aterro são aberturas construídas próximos a crista de taludes de corte e próximos ao pé de talude de aterro, podendo ou não possuir revestimento, com o objetivo de interceptar a água que escoar nas imediações e direcioná-las a um deságue seguro, contribuindo para a manutenção da estabilidade dos taludes e consequentemente a integridade da via permanente;

- **Sarjetas:** sarjetas de corte e sarjetas de aterro são aberturas construídas nas laterais da ferrovia, podendo ou não ter revestimento, com o intuito de captar a água precipitada sobre a plataforma e taludes de corte com o objetivo de conduzi-la a um ponto de deságue seguro. Dessa forma contribuem para a manutenção da estabilidade dos taludes e conseqüentemente a integridade da via permanente;
- **Bueiro de greide:** dispositivos que tem o objetivo de coletar o fluxo de água pluvial proveniente de outros dispositivos (sarjetas e outros), a partir de uma caixa coletora, com objetivo de traspor o volume d'água para o lado da jusante;
- **Bueiro de transposição:** estruturas que tem o objetivo de permitir a passagem do fluxo das águas que escoam por talvegues definidos no terreno natural de um lado para o outro da via férrea. Possui estrutura de concreto, metálica, alvenaria ou outros;
- **Galerias:** Estruturas similares a bueiros de transposição, com dimensões menores, cujo a função é de traspor o fluxo de águas pluviais de um lado a outro da via;
- **Dissipadores de energia:** trata-se de dispositivos destinados a receber fluxo de água precipitada coletada previamente por valetas ou sarjetas e dissipar a sua energia, reduzindo a velocidade de escoamento e possibilitando um deságue seguro em terreno natural;
- **Descidas d'água:** são dispositivos geralmente construídos em concreto simples ou armado, moldados "in loco", e são destinados a conduzir as águas coletadas por outro dispositivo a uma cota mais baixa, necessitando estar associada a um sistema para dissipar a energia;

- **Outro:** Outro tipo de sistema não listado anteriormente e que apresenta algum tipo de deficiência no seu funcionamento;

2.1.9 Estado de conservação do sistema de drenagem associado

A conservação dos sistemas de drenagem é avaliada em relação à sua funcionalidade e integridade estrutural, a partir da observação visual durante o monitoramento, sendo classificada em:

- **Médio:** sistemas parcialmente obstruídos ou identificados visualmente com pequenos danos estruturais, com falta de manutenção ou limpeza, denotada pela presença de plantas daninhas, assoreamento, resíduos, lastro e outros, mas que ainda se mantêm funcionais;
- **Ruim:** sistemas com sérios danos estruturais ou totalmente obstruídos, que podem causar algum tipo de detrimento ou interferência à via. São considerados sistemas ineficientes e não funcionais.
- **Não aplicável:** Sem correlação do processo com o sistema de drenagem.

2.1.10 Causa identificada (secundária)

Nos casos em que há a correlação entre o processo erosivo ou movimento de massa e o sistema de drenagem, basicamente está sendo considerado que a deposição de sedimentos no sistema é o principal fator atrelado ao seu mau funcionamento, o que não impede que outro fator possa contribuir para o agravamento da situação. Portanto a causa identificada secundária permite o registro de outros fatores que estejam influenciando negativamente no bom funcionamento do sistema, são eles:

- **Lastro:** agregado mineral ou siderúrgico, bem como outros componentes minerais, que compõem parte da superestrutura da via permanente, e que podem ser carregados pelo fluxo da água pluvial para os sistemas de drenagem;

- **Vegetação:** folhagem ou outros componentes da vegetação que se encontram nas áreas adjacentes à via permanente, assim como plantas herbáceas e/ou gramíneas que se fixam no interior das estruturas;
- **Resíduos:** resíduos sólidos urbanos, da construção civil ou industriais que se acumulam nos sistemas de drenagem, carregados pelo fluxo de águas pluviais, assim como materiais residuais das atividades de manutenção da via permanente;
- **Danificado:** O mau funcionamento se deve a danos no sistema de drenagem;

2.1.11 Tipos de alterações

Sistemas de drenagem parcialmente ou totalmente obstruídos, assim como estruturalmente danificados, causam interferências diretas a via permanente, ao meio ambiente ou as comunidades lindeiras. Tais alterações foram detectadas nos levantamentos de campo e identificadas conforme características observadas nos locais, e registradas conforme abaixo:

- **Alagamento da via:** acúmulo de água que ultrapassa os limites projetados do sistema de drenagem, estendendo-se à via permanente e/ou áreas contíguas, e que ofereça risco operacional, estrutural ou aos bens patrimoniais e comunidade lindeira;
- **Alagamento de drenagem:** acúmulo de água nos limites projetados do sistema de drenagem, causado por obstruções, dano estrutural ou subdimensionamento, comprometendo sua funcionalidade e oferecendo risco de alagamento à via ou áreas contíguas;

- **Assoreamento da via:** deposição de sedimentos que ultrapassa os limites projetados do sistema de drenagem estendendo-se a via permanente, e/ou áreas contíguas;
- **Assoreamento da drenagem:** deposição de sedimentos que se mantem dentro dos limites projetados do sistema de drenagem;
- **Danos à via:** quando identificado que o sistema de drenagem causou algum dano evidente a via permanente em função da sua ineficiência;
- **Danos a terceiros:** prejuízos causados à comunidade limdeira em função da ineficiência do sistema de drenagem;
- **Potencial – MM:** Local apresenta potencial a deflagração de movimentação de massa;
- **Potencial:** Caso o local apresente potencial em causar alguma alteração, deve-se sinalizar no “tipo de alteração 1” o atributo “potencial” e no campo “tipo de alteração 2” o tipo de alteração que o local apresenta potencial de ocorrência.
- **Erosão -> Danos à drenagem:** quando identificado que o processo erosivo ou movimentos de massa atuou diretamente no dano do sistema de drenagem;
- **Drenagem->Erosão:** quando identificado que o mau funcionamento do sistema de drenagem foi a principal causa da instalação de processo erosivo;
- **Outros:** outro tipo de alteração a via, a bens patrimoniais ou ao meio ambiente não listado anteriormente e que deve ser descrito nas observações;

- **Não identificado:** quando não for identificado nenhum tipo de alteração na via, drenagem ou entorno.

2.1.12 Obras de contenção

Concomitante ao registro de processos erosivos e de feições de movimentos de massa foram apontadas, no mesmo ponto notável, as obras de contenção que se apresentaram danificadas ou insuficientes em relação ao processo associado.

O registro e a caracterização de obras de contenção ao longo da via consistem no levantamento dos seguintes atributos:

- **Tipo de obra de contenção:** identificar qual o tipo da obra de contenção afetada ou insuficiente, sendo as principais obras encontradas ao longo da faixa de domínio da ferrovia as seguintes: concreto projetado, muro de gabião, muro de concreto, contenção com trilhos e/ou dormentes, muro de pedras, cortina atirantada e muro de gravidade. Caso seja identificada obra que não se enquadre às citadas, deverá ser registrada como “outros” (a qual deverá ser especificada);
- **Característica da obra de contenção:** Deverão ser caracterizadas de acordo com o que se observa no levantamento de campo, sendo as opções: “Insuficiente” quando a obra se apresenta subdimensionada à dimensão do processo, ou “Danificada” quando o processo já causou algum dano significativo a obra de contenção.

A identificação, registro e classificação das obras de contenção danificadas ou insuficientes auxiliam na proposição de medidas preventivas e corretivas aos locais que já se apresentaram instáveis em outros momentos e que voltam a atuar negativamente no ambiente.

2.2. CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL

O imageamento relacionado aos aspectos ambientais foi realizado a partir de arquivos shapefile disponibilizado pela concessionária que opera no trecho ferroviário, por órgãos estaduais e federais, como o CPRM, EMBRAPA, INMET, ANA MMA e também pela USP, utilizando o software QGIS para a geração dos mapas com as informações necessárias para a descrição dos aspectos locais referentes ao meio físico e biótico, que exercem ou sofrem influência pertinentes aos processos erosivos.

Em relação a caracterização geológica optou-se por realizar uma análise baseada no Programa Geologia do Brasil – Levantamento da Geodiversidade do Estado de São Paulo, do CPRM – Serviço Geológico do Brasil, o qual divide o estado de São Paulo em 14 domínios e estes em 50 unidades geológico-ambientais, abordando os locais de ocorrência, as unidades geológico-ambientais presentes nestes, rochas constituintes, formas de relevo e demais características.

A caracterização e identificação das fragilidades relacionados aos aspectos do meio físico foram baseadas em bibliografia, contendo as devidas citações de autores.

Os aspectos climáticos foram baseados em dados do INMET, sendo que a classificação climática utilizada foi a proposta por Köppen-Geiger.

As informações referentes aos recursos hídricos foram baseadas em estudos realizados pelo comitê responsável pela Unidade de Gerenciamento das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, criado por meio da Lei Estadual Paulista nº 7.663/91.

A identificação geográfica das unidades de conservação presentes dentro dos limites da área de estudo foi verificada a partir do arquivo shapefile disponibilizado pelo MMA, e a caracterização de cada unidade foi realizada a partir de informações disponíveis no site do município de Campinas e nos cadernos de subsídios contendo caracterização do meio onde as áreas estão inseridas.

2.3. ANÁLISE DE DADOS

Foram elaborados diagnósticos individuais para cada processo monitorado a partir dos dados disponibilizados pela concessionária, assim como da caracterização ambiental realizada, contendo a descrição da situação, da evolução da feição e das interferências que o processo está, ou que poderá causar, decorrentes de sua atuação no meio.

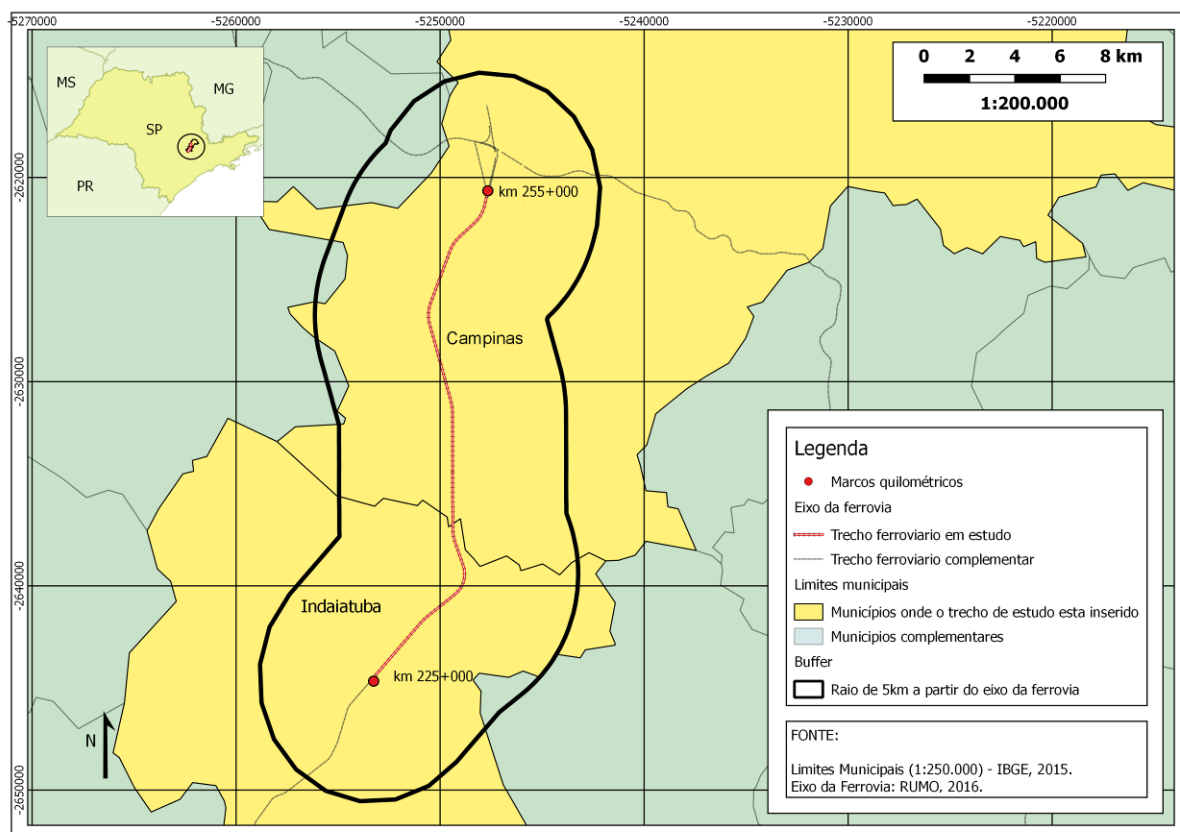
Inseridos nos diagnósticos também serão indicadas as áreas ambientalmente sensíveis as quais estão inseridos os pontos monitorados, ou que estão com certa proximidade, a identificação do sujeito o qual sofre interferência do processo e também serão propostas medidas corretivas e preventivas para a minimização ou contenção de processos.

3. CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA ÁREA DE ESTUDO

3.1. LOCALIZAÇÃO

O trecho ferroviário selecionado como objeto de estudo deste relatório está localizado no estado de São Paulo, compreendendo dois municípios onde a ferrovia corta verticalmente o interior de seus limites. Ao Sul, no município de Idaiatuba, iniciando no km 225+000 da ferrovia e finalizando no município de Campinas, no km 255+000. Para delimitação da área de estudo foi gerado um buffer com raio de 5km a partir do eixo da ferrovia.

Figura 2 - Localização da área de estudo.



Fonte: Autor, 2016

3.2. ASPECTOS DO MEIO FÍSICO

3.2.1 Caracterização geológica

Em relação aos aspectos geológicos, optou-se por realizar uma caracterização baseada no Programa Geologia do Brasil – Levantamento da Geodiversidade do Estado de São Paulo, do CPRM – Serviço Geológico do Brasil, o qual divide o estado de São Paulo em 14 domínios e estes em 50 unidades geológico-ambientais, abordando os locais de ocorrência, as unidades geológico-ambientais presentes nestes, rochas constituintes, formas de relevo e demais características. Neste relatório serão tratados apenas os domínios que ocorrem na área de estudo.

Domínio das coberturas sedimentares e vulcanossedimentares mesozoicas e paleozoicas pouco a moderadamente consolidadas, associadas a grandes e profundas bacias sedimentares do tipo sinéclise (DSVMP):

É o domínio de maior extensão no estado de São Paulo e de maior corte pela ferrovia na área de estudo, ocupando todo o planalto ocidental na porção oeste. Devido aos diferentes ambientes deposicionais, as rochas existentes são de ampla variação composicional. O substrato é formado por sedimentos clastoquímicos, de diferentes composições e grande heterogeneidade, havendo predomínio de rochas areníticas, síltico-argilosas, folhelhos e calcários. Subdividido em oito unidades geológico-ambientais, sendo que apenas uma dela está presente na área de estudo:

- **DSVMPasaf:** Intercalações de sedimentos arenosos, síltico-argilosos e folhelhos, onde o relevo plano a suave ondulado favorece o baixo potencial de erosão hídrica e movimentos de massa. Profundo manto de alteração favorece a estabilidade nos taludes de corte.

As unidades geológico-ambientais pertencentes a este domínio apresentam variação na sua composição estratigráfica, com camadas maciças de argilitos, folhelhos laminados, que acarretam no pastilhamento da rocha, tornando-a extremamente erosiva. Essa grande heterogeneidade também favorece a erosão diferenciada, queda de blocos e surgência de água. Todos os pontos estão inseridos no grupo Itararé.

Domínio dos sedimentos cenozoicos inconsolidados ou pouco consolidados depositados em meio aquoso (DC):

São áreas pouco espessas de sedimentos inconsolidados, de granulometria variando de argilas a cascalho, geradas a partir da erosão atual em diferentes tipos de ambientes deposicionais. Esses sedimentos inconsolidados apresentam baixa capacidade de suporte, portanto obras estruturais estão mais sujeitas a trincas e rachaduras. Também podem ocorrer concentrações de água em alguns pontos do relevo, favorecendo a ocorrência de “corrida de lama” ou detritos e movimentos de massa do tipo deslizamento, principalmente em períodos chuvosos. São três as unidades geológico-ambientais deste domínio, mas apenas uma presente dentro da área de estudo:

- **DCa:** Ambiente de planície aluvionar recente, constituída por sedimentos inconsolidados e de espessura variável, geralmente em locais planos, apresentam baixo potencial de erosão hídrica.

Domínio do vulcanismo fissural mesozoico do tipo Plateau (DVM):

Extensos e espessos pacotes de sucessivos derrames de lavas efusivas, de composição básica, cristalizadas em basaltos e mais pontualmente de composição ácida e intermediária, cristalizando em riolitos, dacitos e andesitos.

Podem ocorrer também em forma de soleiras e diques de diabásio.

Os basaltos são rochas de cristalização rápida, portanto apresentam textura fina a vítrea. Os diabásios apresentam textura mais grossa por cristalizarem em subsuperfície.

Dividido em uma unidade geológico-ambiental (DVMB), apresenta predomínio de basaltos, e localmente riolitos, dacitos e andesitos. São rochas que se alteram para solos com textura síltico-argilosa ou argilossiltosa. Em locais de relevos planos a suaves apresentam baixo potencial de erosão hídrica e movimentos de massa. Nas áreas onde o relevo é mais acidentado podem ocorrer quedas ou rolamentos de blocos de rochas. Nas porções montanhosas as frentes erosivas apresentam maiores exposições de rochas fraturadas, ocorrendo nas encostas depósito de talús e colúvios. Esses materiais são instáveis e de difícil contenção por obras de engenharia.

Domínio dos complexos granitóides não deformados (DCGR1):

Originárias de diferentes pulsos magmáticos, essas rochas apresentam variadas composições químico-minerais, de granulação mineral distinta, sem deformação dúctil. Essas rochas apresentam em sua composição mineral feldspatos potássicos, plagioclásios, quartzos e minerais ferromagnesianos (biotita e hornblenda), além de minerais acessórios. Esse domínio é subdividido em cinco unidades geológico-ambientais, com base na composição química das rochas, portanto não será tratado neste trabalho pelo fato de não é relevante para o devido estudo.

Nas bordas desses maciços rochosos, os granitos tardi- e pós-tectônicos estão densamente fraturados e em diferentes direções. Essas fraturas propiciam a percolação da água, intensificando o intemperismo químico, e quando em taludes de corte, geram áreas de instabilização de blocos rochosos, podendo acarretar movimentos de massa dos tipos queda de blocos ou rolamento/tombamento de blocos. Os solos dessas rochas são de composição argilo-siltico-arenosas, sendo facilmente erosivos, tornando-se suscetíveis a movimentos de massa do tipo escorregamentos.

Domínio dos Complexos Granito-Gnaiss Migmatítico e Granulitos (DCGMGL):

Este domínio é composto por uma complexa associação de rochas derivadas de outras rochas muito antigas, submetidas a eventos tectonometamórficos, de elevadas temperaturas e pressões. Em alguns momentos dos eventos, ocorrem eventos de fusão dessas rochas, refusão, assimilação de magma, tectonismo, metamorfismo de alto grau. Este domínio é subdividido em seis unidades geológico-ambientais, variando em migmatitos, gnaisses, granulitos.

Essas unidades geológico-ambientais ocorrem como uma complexa associação, intensamente tectonizadas e dobradas. Essas rochas, com muitas descontinuidades, desestabilizam-se facilmente, ocasionando queda de blocos em taludes de corte. Os solos produtos dessas rochas apresentam composição argilo-siltico-arenosa, podendo conter argilominerais expansíveis. Essa característica potencializa a ocorrência de movimentos de massa do tipo escorregamentos, mesmo em locais onde a declividade não é muito acentuada. Também podem

ocorrer matacões em meio à massa de solo, e caso expostos em taludes de corte, poderão sofrer movimentação.

3.2.2 Caracterização geomorfológica

Os limites do local de estudo cortam duas unidades morfoestruturais do estado de São Paulo: Planalto Atlântico e a Depressão Periférica Paulista. O Planalto Atlântico é descrito por Ab Saber (1970). Apud Ross (1985) como região constituída por morros de topos convexos, elevada densidade de canais de drenagem e vales profundos. Em relação a fragilidade potencial do Planalto Atlântico o IPT (1981) apud ANDREÓTI (2012) descreve como alta, com formas dissecadas, com vales entalhados associados a vales pouco entalhados, com alta densidade de drenagem. Essas regiões estão sujeitas a processos erosivos agressivos, podendo ter ocorrências de movimentos de massa e voçorocas. A maior parte do eixo da ferrovia dentro desta unidade está inserido na zona geomorfológica denominada Planalto de Jundiá.

A Depressão Periférica Paulista está presente dentro dos limites da área de estudo em duas unidades geomorfológicas que contem similaridades em relação as fragilidades. Possuem formas com dissecação baixa, vales pouco entalhados e densidade de drenagem baixa, apresentando baixo índice de fragilidade. (IPT, 1981)

3.2.2 Caracterização pedológica

Segundo dados do CPRM (2006), apresentado no mapa abaixo, estão presentes na área de estudo os Latossolos e os Argissolos.

Os Latossolos dos tipos mais típicos possuem um horizonte A pouco espesso, com transição prolixa para um B latossólico que atinge profundidades superiores a 2m e com a consistência muito friável e porosidade alta. A textura, geralmente uniforme em todo o perfil, pode variar de média a muito argilosa (LEPSCH, 2010)

Em relação a suscetibilidade a erosão, GUERRA e BOTELHO (2009) descrevem os Latossolos da seguinte forma:

“Os Latossolos, de um modo geral, apresentam reduzida suscetibilidade a erosão (Vieira, 1998; Oliveira et al, 1992; Resende et al, 1995) A boa permeabilidade e drenabilidade

e a baixa relação textural B/A (pouca diferenciação no teor de argila do horizonte A para o B garantem, na maioria dos casos, uma boa resistência desses solos à erosão. (p.184)”

Os Argissolos, normalmente também bastante intemperizados, apresentam nítida diferenciação entre as camadas ou horizontes com o aumento nos teores de argila em profundidade. Devido ao aumento de argila, apresentam boa coesão e maior plasticidade e pegajosidade em níveis mais profundos. (LEPSCH, 2010)

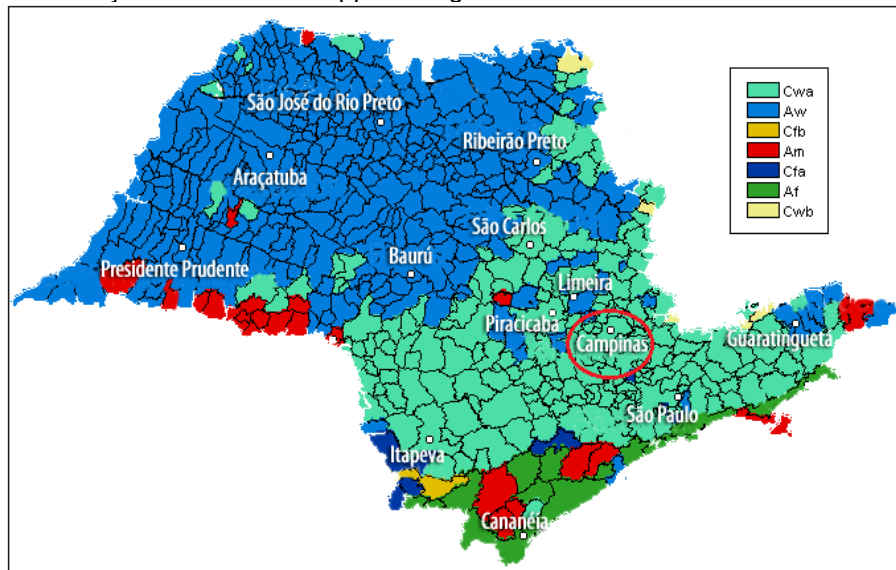
Em relação a suscetibilidade a erosão, GUERRA e BOTELHO (2009) descrevem os Argissolos da seguinte forma:

[...]apesar das suas características de agregação e boa estruturação (horizonte Bt em blocos angulares e subangulares), apresentam certa suscetibilidade aos processos erosivos, que serão tão mais intensos quanto maiores forem as discontinuidades texturais e estruturais ao longo do perfil. (p.185)

3.2.3 Caracterização climática

Segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, a área de estudo está inserida na categorização “Cwa”, caracterizada pelo clima temperado úmido, conhecido também como tropical de altitude, com chuvas no verão e secas no inverno, temperatura média do mês mais quente superior a 22°C e no mês mais frio superior a 10°C. Segundo dados do INMET, para o município de Campinas, a pluviosidade média anual é de 1357,6mm.

Figura 3 - Classificação climática de Köppen-Geiger no estado de São Paulo.

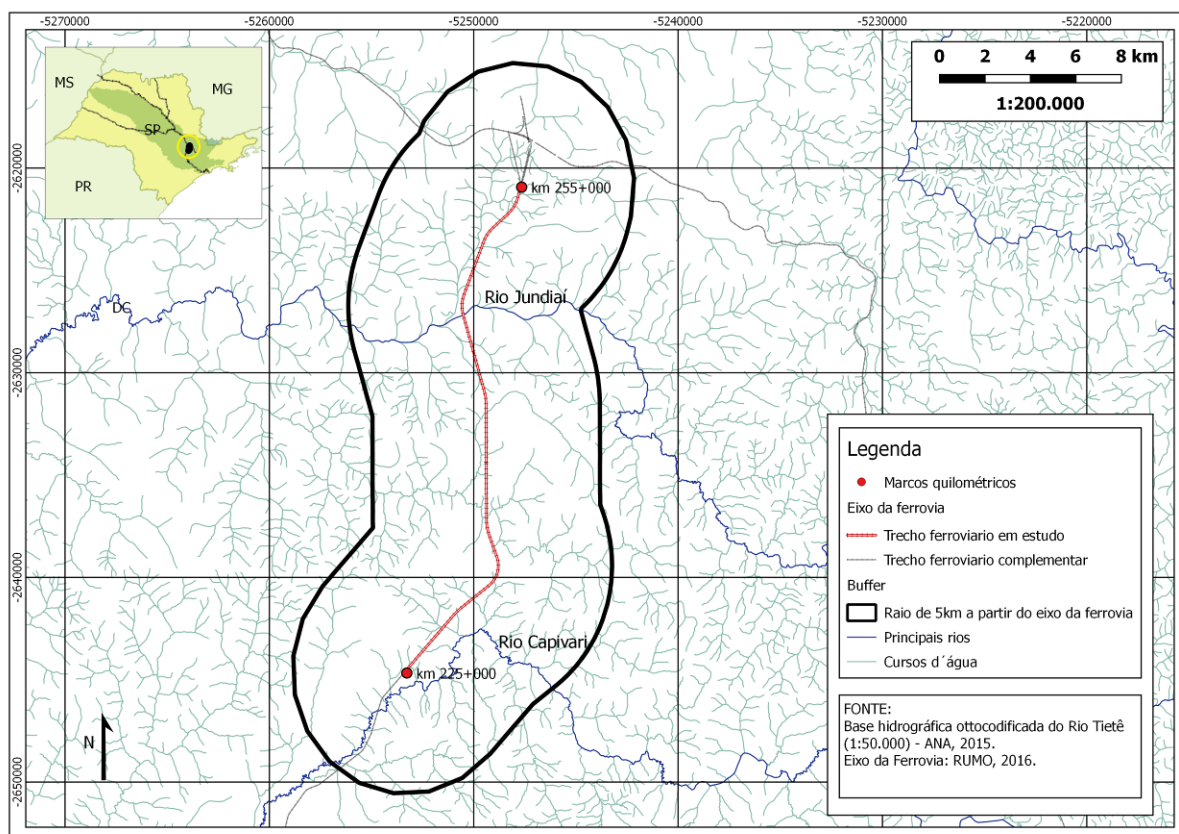


Fonte: CEPAGRI.

3.2.4 Caracterização hidrográfica

A área de estudo está localizada dentro da área de contribuição da Bacia do Rio Tietê, mais especificamente na Unidade de Gerenciamento das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá, administrado pelo comitê criado por meio da Lei Estadual Paulista nº 7.663/91. A área de drenagem da unidade de planejamento é de 14.178 km² e os principais rios que cortam a área de estudo são os Rios Jundiá e Capivari (SigRH).

Figura 4 - Cursos hídricos e principais rios da área de estudo.



Fonte: Autor, 2016.

3.3. ASPECTOS DO MEIO BIÓTICO

3.3.1 Identificação e caracterização de unidades de conservação

As unidades de conservação presentes dentro dos limites da área de estudo são: Área de Proteção Ambiental de Campo Grande, Parque Natural Municipal de Campo Grande e Parque Natural Municipal dos Jatobás.

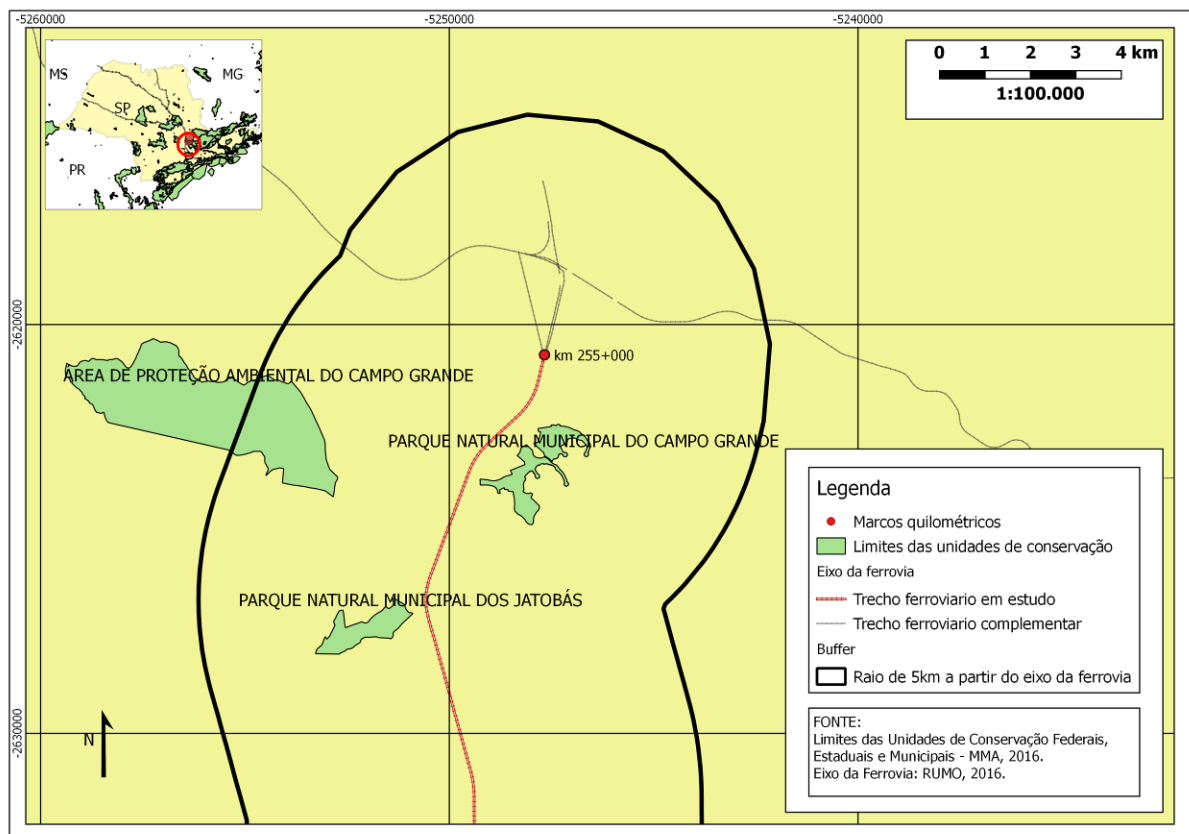
A unidade de uso sustentável, APA do Campo Grande, foi instituída por meio do Decreto 17357/11, ratificado pela Lei Complementar número 35/2012, está localizada no município de Campinas há uma distância de 3 quilômetros em linha reta da via permanente. Sua área compreende 959,53 ha, e seus limites são tangenciados pelas Rodovias Francisco Aguirre Proença (SP 101) e dos Bandeirantes (SP-348). O parque ainda não possui um plano de manejo, está em processo licitatório.

Os Parques Naturais Municipais enquadram-se na categoria de unidades de proteção integral, destinadas a preservação da biodiversidade. O Parque Natural

Municipal dos Jatobás, administrado pela Secretaria Municipal do Verde, Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, protege um remanescente de cerrado, foi instituído por meio do Decreto 17355/11, ratificado pela Lei Complementar número 35/2012, a extremidade leste de seus limites encontra-se a 350m do eixo da ferrovia e sua área total é de 107,34 ha.

O Parque Natural Municipal do Campo Grande, instituído pelo Decreto 17356/11, e retificado pela Lei Complementar número 35/2012, possui uma área total de 136,36ha, onde estão inseridas duas fitofisionomias marcantes: a floresta estacional semidecidual e o campo de várzea. O principal objetivo da área é a preservação e recuperação da diversidade biológica, proteção dos recursos hídricos e a elevação dos índices de área verde por habitante no Município de Campinas.

Figura 5 - Unidades de conservação localizadas ao norte da área de estudo.



Fonte: Autor, 2016.

3.4. ASPECTOS JURÍDICOS E NORMAS TÉCNICAS

- Norma Brasileira NBR 8044 (1983) – Projeto Geotécnico;

- Norma Brasileira NBR 10.703 TB 350 (1989) – Degradação do Solo;

- Norma Brasileira NBR 11682 (1991) ABNT – Estabilidade dos Taludes;

- Norma Brasileira NBR 6497 (1983) ABNT – Procedimentos para Levantamento Geotécnico;

- Norma Brasileira NBR 6484 (2001) ABNT – Execução de Sondagens de Simples Reconhecimento de Solos;

- A Lei Nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto Nº 99.274/90, dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação. Em seu Art. 4º, afirma que a Política Nacional do Meio Ambiente visará: ...VII - (..) obrigação de recuperar e/ou indenizar os danos causados e, ao usuário da contribuição pela utilização de recursos ambientais com fins econômicos;

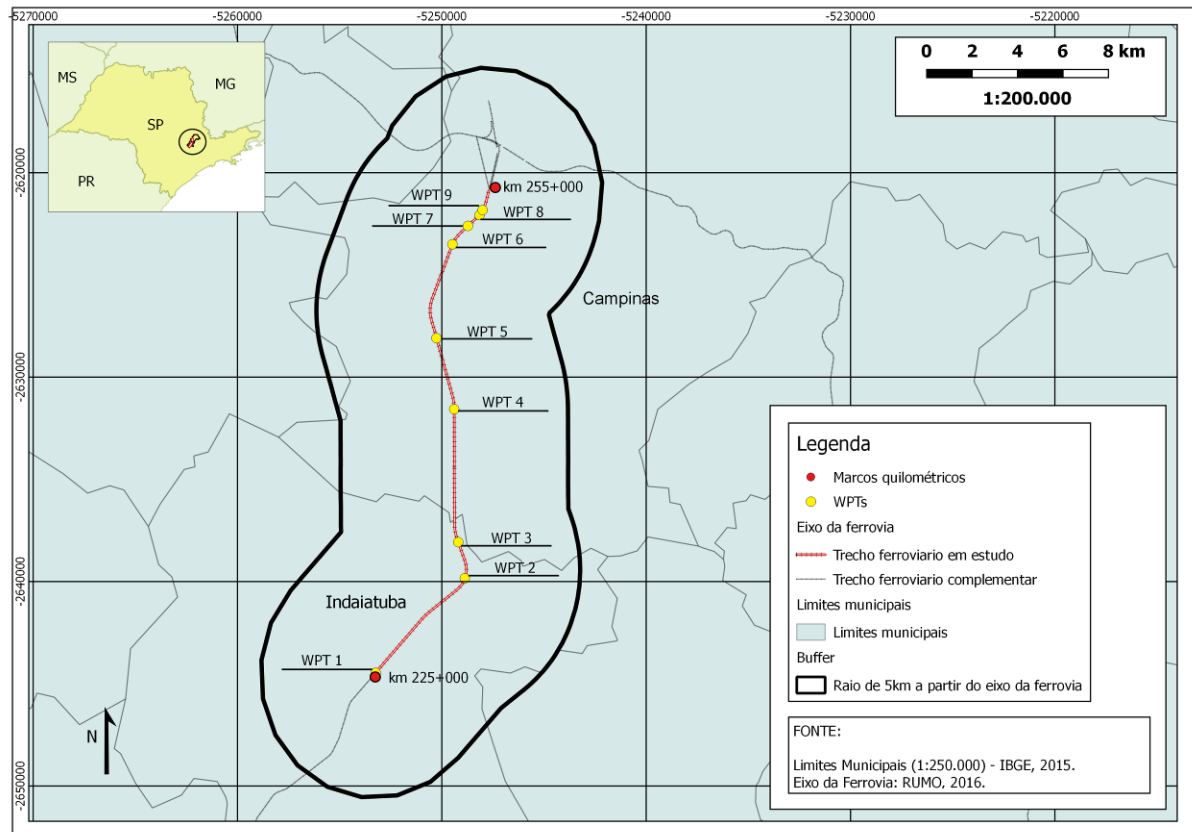
- RESOLUÇÃO Nº 237, DE 19 DE dezembro DE 1997 - Considerando a necessidade de ser estabelecido critério para exercício da competência para o licenciamento a que se refere o artigo 10 da Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981;

- Resolução CONAMA 303/2002, que dispõe sobre parâmetros, definições e limites de APPs;

4. RESULTADOS

A localização geográfica dos pontos notáveis, tema deste relatório de monitoramento, podem ser visualizados no mapa a seguir:

Figura 6 - Localização dos processos monitorados.

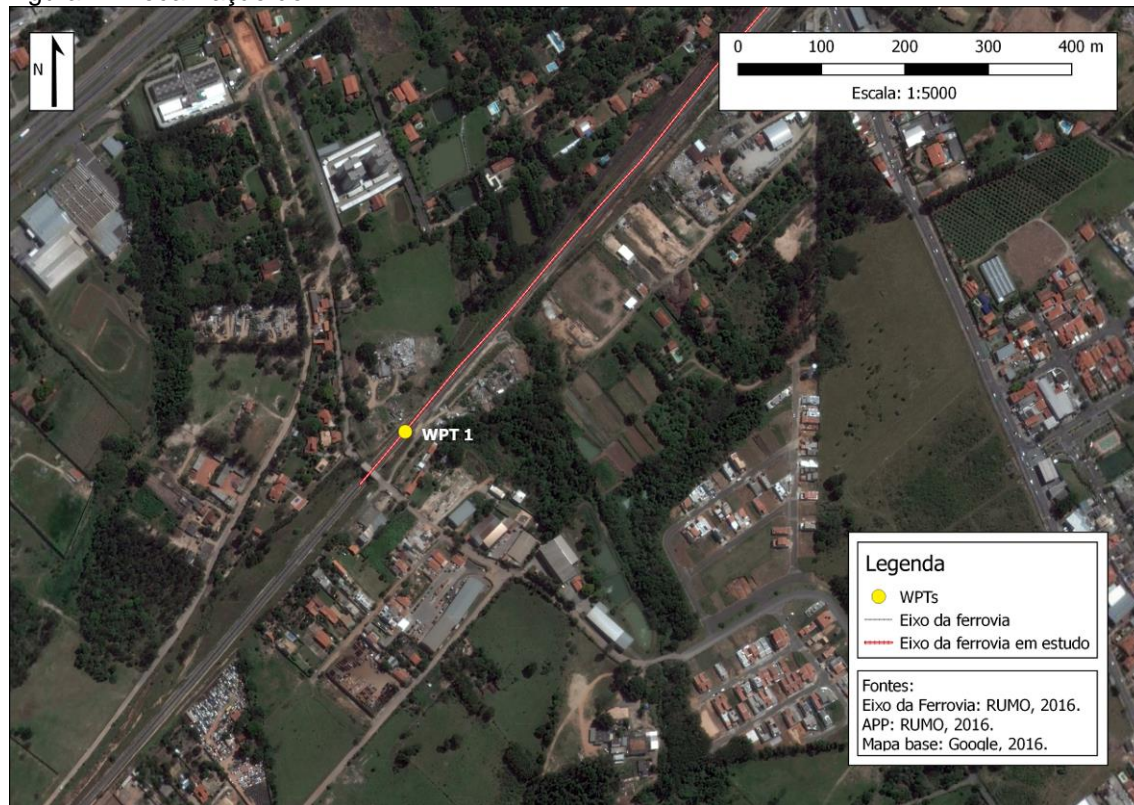


Fonte: Autor, 2016.

A análise individual de cada ponto monitorado será descrita a seguir, baseando-se nos dados levantados em campo, na análise dos fatores ambientais e busca estar de acordo com os objetivos propostos neste relatório.

4.1 Diagnóstico do ponto monitorado WPT 1

Figura 7 - Localização do WPT 1.



Cadastrado em: Janeiro de 2016

Quilometragem na ferrovia: 225+082

Latitude: -23,102850

Longitude: -47,190638

Município: Indaiatuba - SP

Classificação: Sulcos

Severidade: E2 - Sério

Cobertura Vegetal (Entorno): Gramíneas/Arbustiva

Declividade: Média (21 – 45°)

Uso do solo (Entorno): Urbano

Alterações ocasionadas: Assoreamento parcial da sarjeta de corte

Risco potencial: À via permanente

Observações: - Área afetada restringe-se no sopé do talude ao longo de aproximadamente 100m de extensão e 2m de altura;

- APP mais próxima está a mais de 100m de distância do ponto.

Foto 1 - Registros fotográficos referentes ao ponto monitorado WPT 1.



Legenda: A) Registro fotográfico de janeiro de 2016. B) Registro fotográfico de junho de 2016.

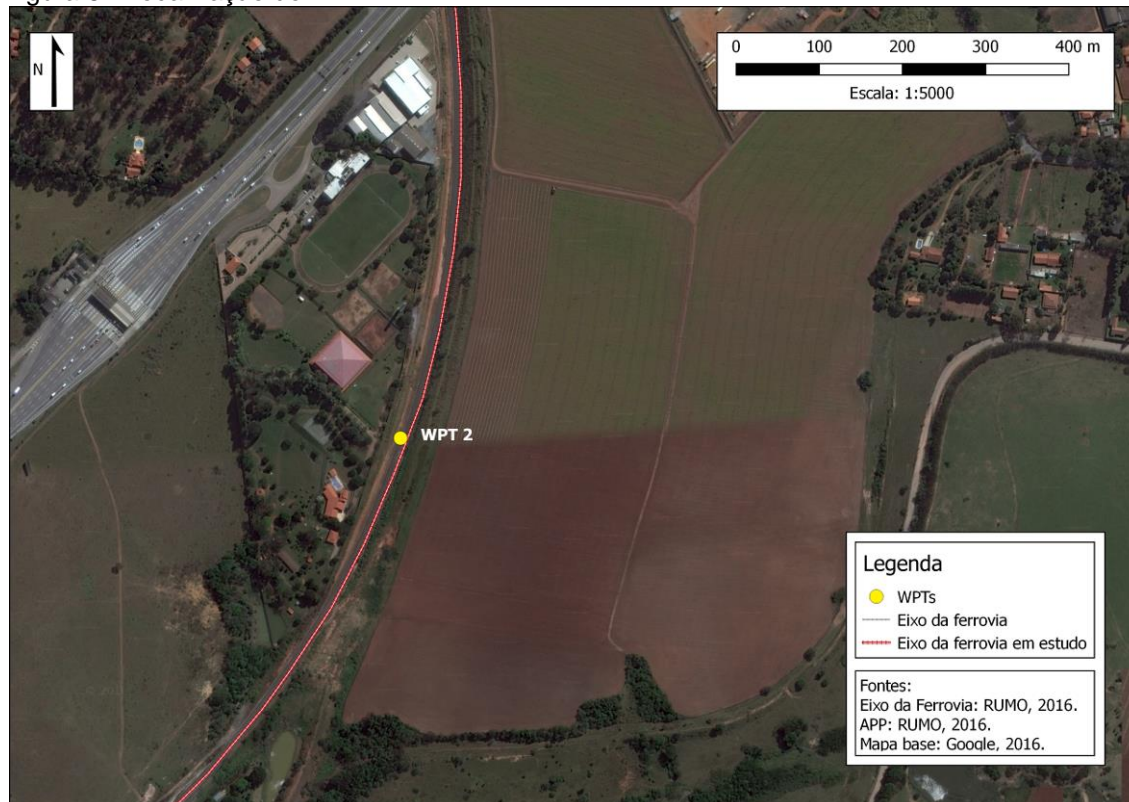
Descrição: Talude de corte apresenta erosão linear do tipo sulcos em uma área de aproximadamente 200m². Houve pouca evolução do processo ao analisar as fotos referentes a janeiro e junho de 2016.

Alterações: Deposição de sedimentos causa a obstrução parcial da sarjeta de corte da via permanente, podendo resultar no mau funcionamento do sistema de drenagem e ocasionar no direcionamento do fluxo de água para além dos limites da sarjeta revestida, como consequência poderá resultar na alteração da geometria do talude de corte e na formação de ravinas paralelas a sarjeta.

Medida sugerida: Revegetação da região em solo exposto do talude e desobstrução da sarjeta de corte.

4.2 Diagnóstico do ponto monitorado WPT 2

Figura 8 - Localização do WPT 2.



Cadastrado em: Janeiro de 2016

Quilometragem na ferrovia: 230+311

Latitude: -23,064632

Longitude: -47,151431

Município: Indaiatuba - SP

Classificação: Sulcos

Severidade: E2 - Sério

Cobertura Vegetal (Entorno): Solo exposto

Declividade: Alta (Acima de 45°)

Uso do solo (Entorno): Agricultura

Alterações ocasionadas: Assoreamento parcial da sarjeta de corte

Risco potencial: À via permanente

Observações: - Notada a tentativa de revegetar o talude por meio de hidrossemeadura, que não vingou.

- APP mais próxima está a mais de 100m do ponto monitorado.

Foto 2 - Registros fotográficos referentes ao ponto monitorado WPT 2.



Legenda: A) Registro fotográfico da campanha de janeiro B) Registro fotográfico da campanha de junho.

Descrição: Talude de corte apresenta erosão linear do tipo sulcos em parte de sua extensão. Percebe-se pouca evolução do processo ao comparar os registros de janeiro de junho.

Alterações: Deposição de sedimentos causa a obstrução parcial da sarjeta de corte da via permanente, podendo resultar no mau funcionamento do sistema de drenagem e ocasionar no direcionamento do fluxo de água para além dos limites da sarjeta revestida, como consequência poderá resultar na alteração da geometria do talude de corte e na formação de ravinas paralelas a sarjeta.

Medida sugerida: Verificar período o qual foi executada a hidrossemeadura e as possíveis causas de não ter brotado. A partir do diagnóstico da causa de não ter vingado a vegetação elaborar plano para revegetar talude com eficiência e realizar a limpeza da sarjeta de corte.

4.3 Diagnóstico do ponto monitorado WPT 3

Figura 9 - Localização do WPT 3.



Cadastrado em: Setembro de 2015

Quilometragem na ferrovia: 232+246

Latitude: -23,050049

Longitude: -47,154311

Município: Indaiatuba - SP

Classificação: MMD

Severidade: E2 - Sério

Cobertura Vegetal (Entorno): Solo exposto

Declividade: Alta (Acima de 45°)

Uso do solo (Entorno): Pastagem

Alterações ocasionadas: Assoreamento parcial da sarjeta de corte

Risco potencial: À via permanente

Observações: Com sulcos se desenvolvendo na cicatriz; arenito.

Foto 3 - Registros fotográficos referentes ao ponto monitorado WPT 3.



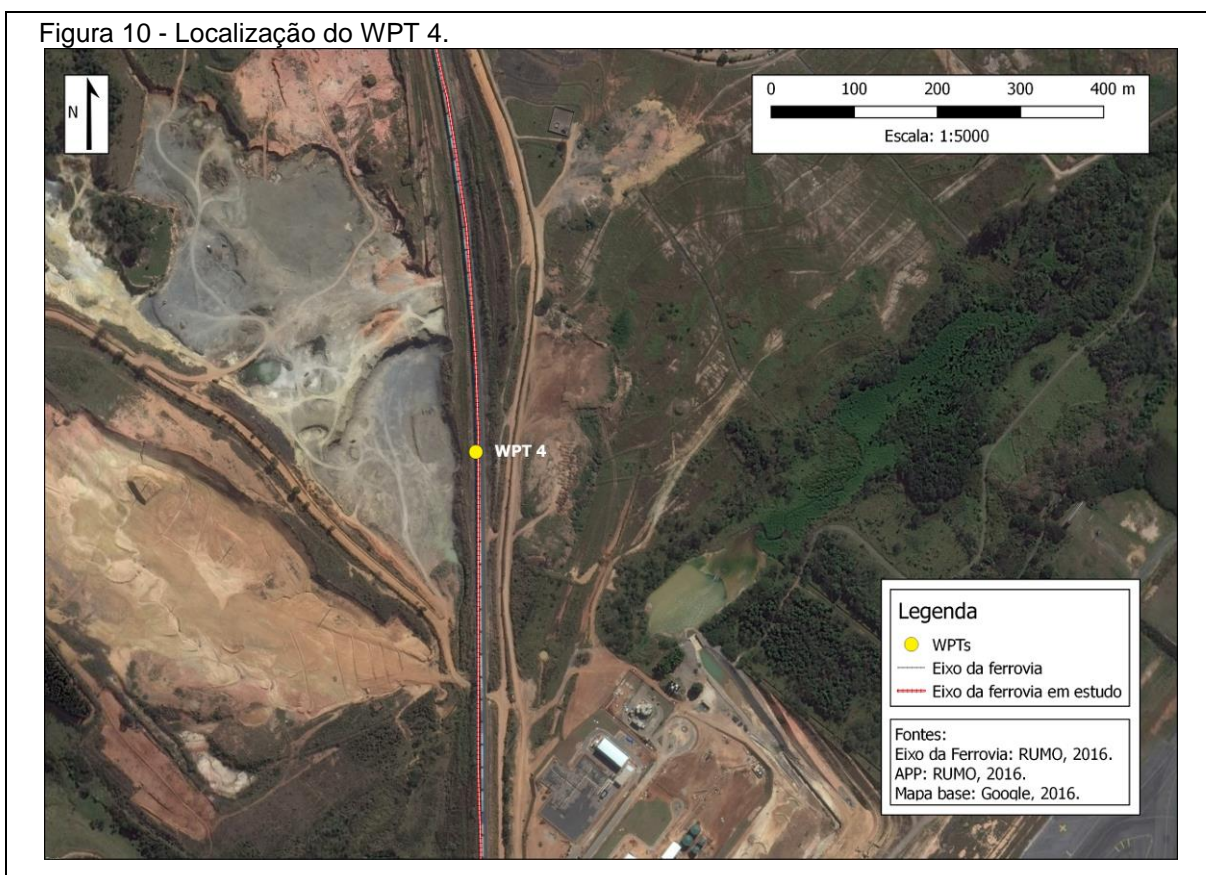
Legenda: A) Registro fotográfico da campanha de janeiro B) Registro fotográfico da campanha de junho.

Descrição: Movimentos de massa com pequena mobilização de sedimentos, causa a obstrução total da sarjeta de corte. Solo visivelmente arenoso, com alta suscetibilidade ao desenvolvimento de processos erosivos. O corte possui declividade mais alta no sopé do talude do que na parte superior. Ao comparar os registros de janeiro e junho de 2016, percebe-se uma maior quantidade de material mobilizado obstruindo a sarjeta de corte no último registro.

Alterações: O material mobilizado pelo deslizamento está obstruindo a sarjeta de corte, podendo influenciar no seu funcionamento adequado.

Medida sugerida: Devido ao tipo de solo, recomenda-se a instalação de contenção com Gabião na região em solo exposto e a desobstrução da sarjeta de corte.

4.4 Diagnóstico do ponto monitorado WPT 4



Cadastrado em: Setembro de 2015

Quilometragem na ferrovia: 239+312

Latitude: - 22,996258

Longitude: -47,156111

Município: Campinas - SP

Classificação: Sulcos

Severidade: E1 - Crítico

Cobertura Vegetal (Entorno): Solo exposto

Declividade: Média (21 – 45°)

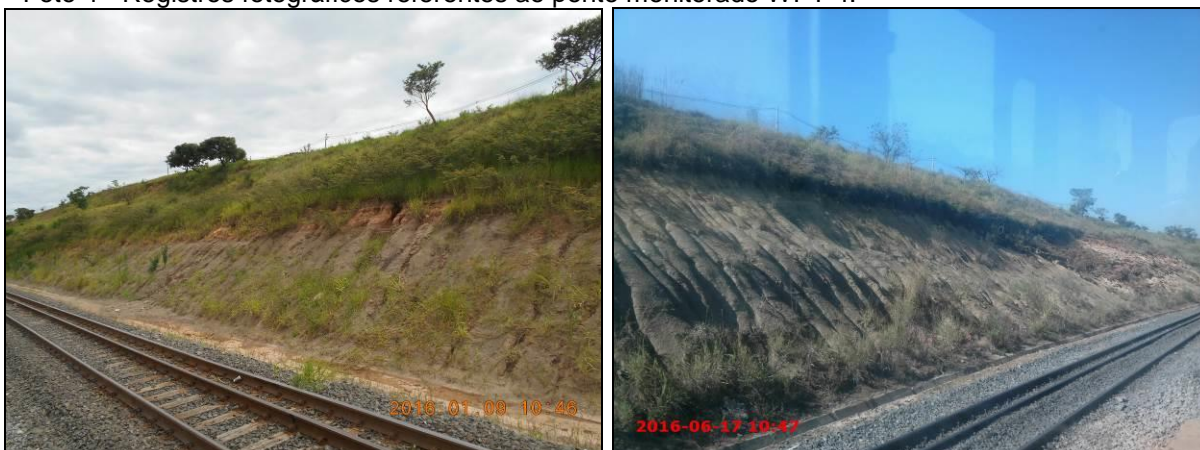
Uso do solo (Entorno): Outro - Mineração

Alterações ocasionadas: Assoreamento parcial da sarjeta d'e corte

Risco potencial: À via permanente

Observações: Área afetada de grandes dimensões; Uso do solo: Mineração.

Foto 4 - Registros fotográficos referentes ao ponto monitorado WPT 4.



Legenda: A) Registro fotográfico da campanha de janeiro B) Registro fotográfico da campanha de junho.

Descrição: Talude de corte apresenta sulcos profundos em boa parte de sua extensão. Solo aparentemente arenoso, que torna o evento com alta suscetibilidade em evoluir para ravinas, alterando a geometria do talude. Em comparação dos registros fotográficos percebe-se o aprofundamento dos sulcos entre janeiro de junho de 2016.

Alteração: Deposição de sedimentos causa a obstrução parcial da sarjeta de corte da via permanente, podendo resultar no mau funcionamento do sistema de drenagem e ocasionar no direcionamento do fluxo de água para além dos limites da sarjeta.

Medida sugerida: Restituição e revegetação do talude. Desobstrução da sarjeta de corte.

4.5 Diagnóstico do ponto monitorado WPT 5

Figura 11 - Localização do WPT 5.



Cadastrado em: Junho de 2016

Quilometragem na ferrovia: 243+363

Latitude: -22,967505

Longitude: -47,163895

Município: Campinas - SP

Classificação: MMD

Severidade: E2 - Sério

Cobertura Vegetal (Entorno): Gramíneas/Arbustiva

Declividade: Alta (Acima de 45°)

Uso do solo (Entorno): Urbana

Alterações ocasionadas: Assoreamento da sarjeta e parte da via permanente.

Risco potencial: À via permanente e terceiros.

Observações: Notada a presença de resíduos sólidos urbanos no talude.

Foto 5 - Registro fotográfico referente ao ponto monitorado WPT 5.



Legenda: A) Registro fotográfico da campanha de junho de 2016.

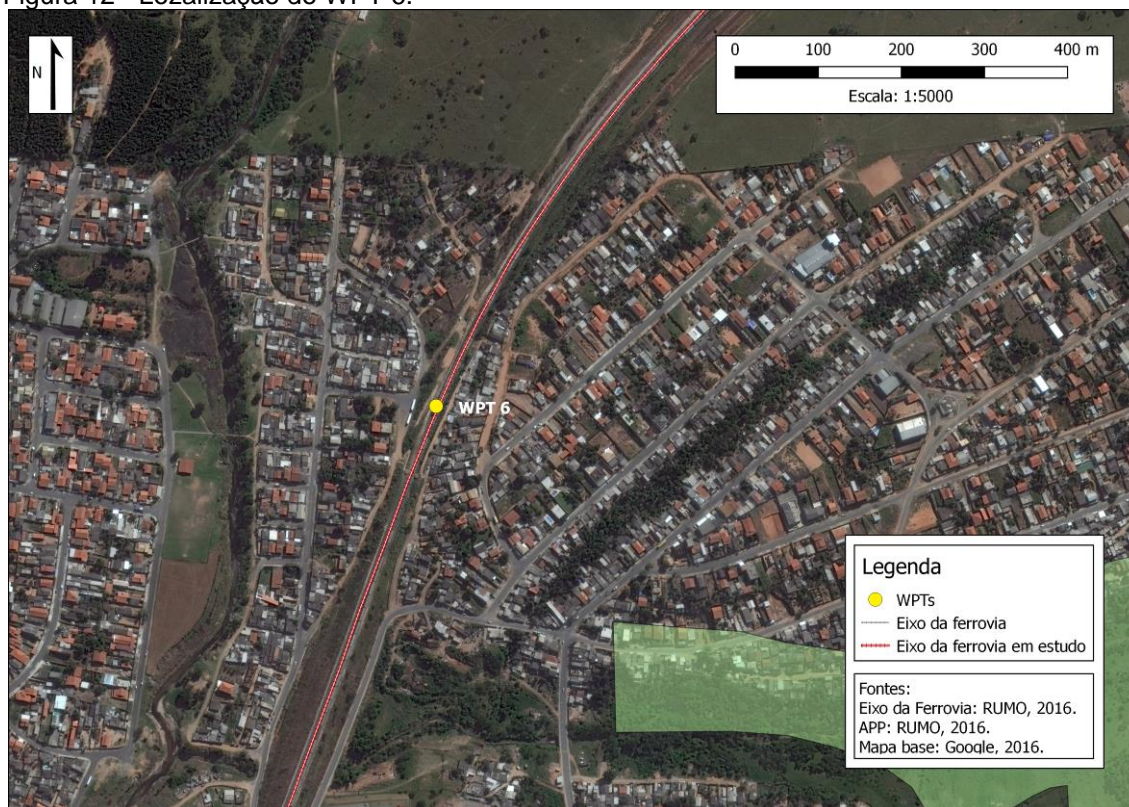
Descrição: Ponto cadastrado na última campanha realizada, junho de 2016. Deslizamento translacional em talude de corte, causando risco a via municipal localizada na parte superior ao talude. Notada a presença de resíduos sob o talude, que impede o crescimento de vegetação. Sulcos se desenvolvendo na cicatriz de deslizamento.

Alteração: Nota-se danos iniciais a pavimentação municipal e assoreamento da sarjeta e parte da via permanente, decorrente de ravinas que se formaram após o movimento de massa ocorrer.

Medida sugerida: Estudos mais aprofundados no local a fim realizar melhor diagnóstico da situação. Propor parceria entre a concessionária e o município a fim de solucionar o problema de forma satisfatório.

4.6 Diagnóstico do ponto monitorado WPT 6

Figura 12 - Localização do WPT 6.



Cadastrado em: Junho de 2016

Quilometragem na ferrovia: 249+609

Latitude: -22,929538

Longitude: -47,156858

Município: Campinas - SP

Classificação: Ravinas

Severidade: E1 – Crítico (Emergencial)

Cobertura Vegetal (Entorno): Solo exposto

Declividade: Média (21 – 45°)

Uso do solo (Entorno): Urbana

Alterações ocasionadas: Danos a terceiros, ao muro pertencente a ferrovia e assoreamento da sarjeta.

Risco potencial: À via permanente e terceiros.

Observações: Danos graves ao muro da concessionária.

Foto 6 - Registro fotográfico referente ao ponto monitorado WPT 6.



Legenda: A) Registro fotográfico da campanha de junho de 2016.

Descrição: Ravina originada por deficiência ou ausência de sistema de drenagem da via municipal. O processo causou graves danos ao muro pertencente a concessionária, construído para direcionar cidadãos a uma travessia mais segura, em uma passagem em nível para pedestres (PNP).

Alterações: Danos materiais e risco de queda do muro pertencente a ferrovia.

Medida sugerida: Contatar a prefeitura para realização de obras que solucione a deficiência no sistema de drenagem da via municipal. Reconstituir o muro pertencente a ferrovia.

4.7 Diagnóstico do ponto monitorado WPT 7

Figura 13 - Localização do WPT 7



Cadastrado em: Setembro de 2015

Quilometragem na ferrovia: 251+268

Latitude: -22,922098

Longitude: -47,150046

Município: Indaiatuba - SP

Classificação: Ravinas

Severidade: E1 – crítico (Corrigido)

Cobertura Vegetal (Entorno): Gramíneas/Arbustiva

Declividade: Alta (Acima de 45°)

Uso do solo (Entorno): Pastagem

Alterações ocasionadas: Nenhuma

Risco potencial: Nenhum

Observações: Realizado restituição do talude de aterro e da sarjeta de aterro.

Foto 7 - Registros fotográficos referentes ao ponto monitorado WPT 7.



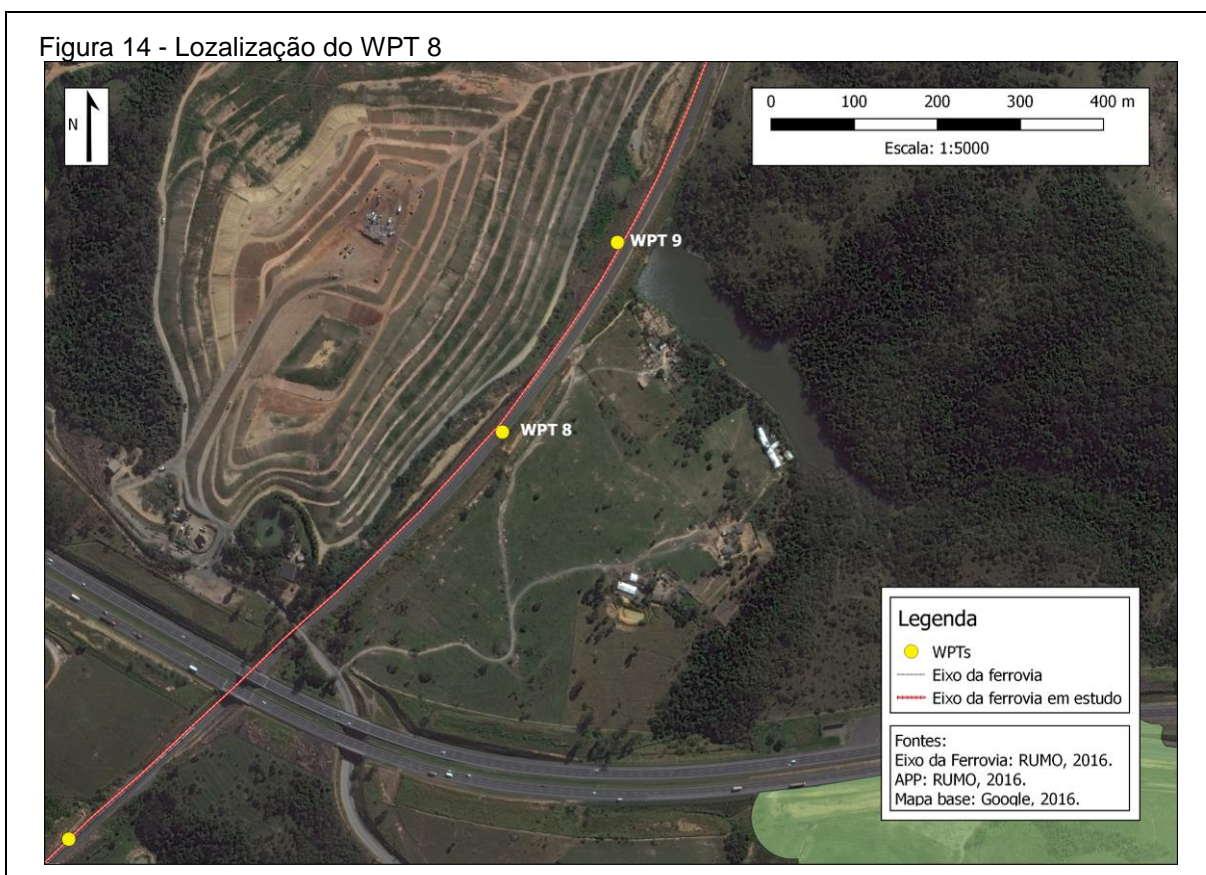
Legenda: A) Registro fotográfico da campanha de setembro de 2015 B) Registro fotográfico da campanha de janeiro de 2016.

Descrição: Ponto cadastrado em setembro de 2015, sendo verificada ravina que avançava em direção a via permanente. Constatada a realização de obras na campanha de janeiro de 2016, dessa forma o ponto em questão foi retirado do cadastro de pontos monitorados.

Alterações: Nenhuma.

Medida sugerida: Foram realizadas medidas de correção.

4.8 Diagnóstico do ponto monitorado WPT 8



Cadastrado em: Junho de 2016

Quilometragem na ferrovia: 252+276

Latitude: -22,917708

Longitude: -47,144957

Município: Campinas - SP

Classificação: MMD

Severidade: E1 – Sério (Emergencial)

Cobertura Vegetal (Entorno): Solo exposto

Declividade: Alta (Acima de 45°)

Uso do solo (Entorno): Pastagem

Alterações ocasionadas: Assoreamento da sarjeta de corte e danos a cerca de terceiro

Risco potencial: À via permanente e a terceiros

Observações: Material mobilizado sob a via, com ravinas se desenvolvendo na

cicatriz e danos a cerca de propriedade vizinha a ferrovia.

Foto 8 - Registro fotográfico referente ao ponto monitorado WPT 8.



Legenda: A) Registro fotográfico da campanha de junho.

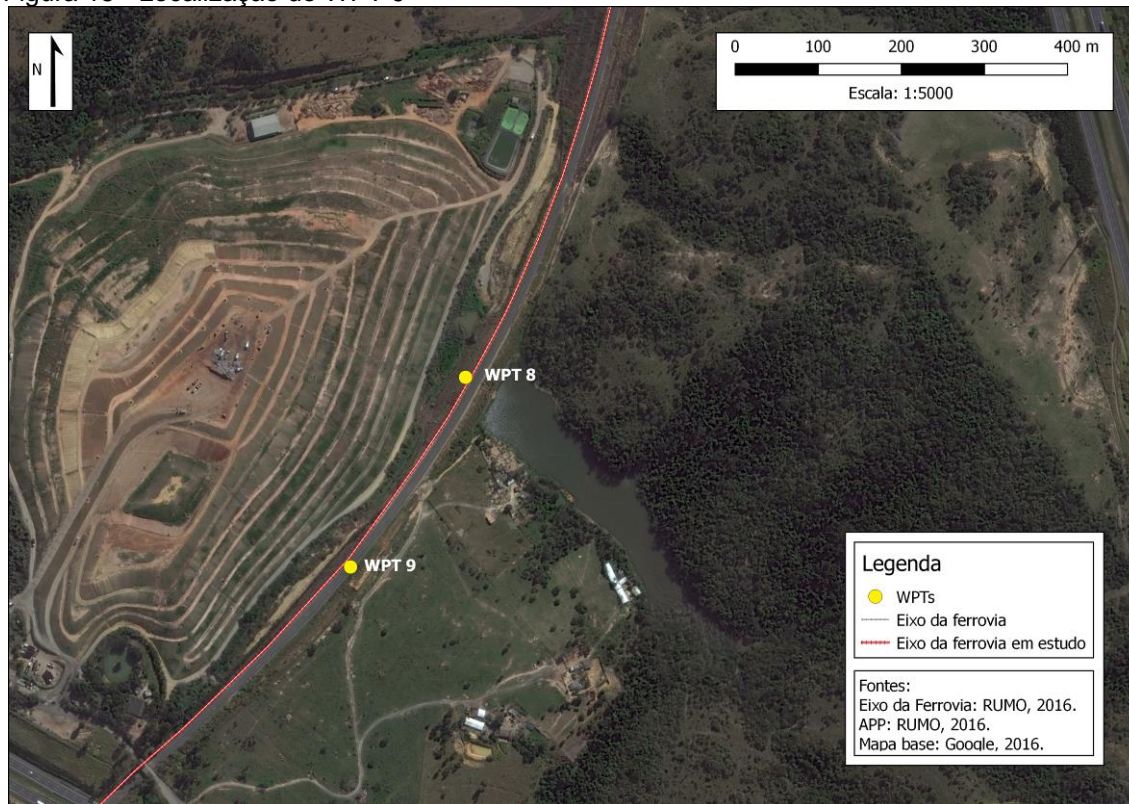
Descrição: Talude de corte instável. Deslizamentos ocasionaram em danos a cerca de propriedade vizinha a ferrovia. O material mobilizado chegou a soterrar uma das vias, e foi retirado em medida emergencial anteriormente. Identificada obstrução da sarjeta de corte pelos sedimentos carregados por erosão na cicatriz.

Alterações: Obstrução da sarjeta de corte e danos terceiros.

Medida sugerida: Restituição e revegetação do talude. Desobstrução da sarjeta de corte e reconstrução de cerca de terceiro afetada pelo processo.

4.9 Diagnóstico do ponto monitorado WPT 9

Figura 15 - Localização do WPT 9



Cadastrado em: Setembro de 2015

Quilometragem na ferrovia: 252+888

Latitude: -22,915664

Longitude: -47,143607

Município: Campinas - SP

Classificação: Ravinas

Severidade: E1 – Sério (Emergencial)

Cobertura Vegetal (Entorno): Solo exposto

Declividade: Alta (Acima de 45°)

Uso do solo (Entorno): Pastagem

Alterações ocasionadas: Danos a drenagem e assoreamento do corpo hídrico

Risco potencial: À via permanente e ao meio ambiente

Observações: Área cadastrada em setembro de 2015, porém nenhuma medida de correção foi realizada até junho de 2016. Processo inserido em APP, portanto deve ter

caráter prioritário para correção, pois esta assoreando corpo hídrico. No lado oposto ao processo há a presença de aterro sanitário.

Foto 9 - Registro fotográfico referente ao ponto monitorado WPT 9.



Legenda: A) Registro fotográfico da campanha de janeiro B) Registro fotográfico da campanha de junho.

Descrição: Ponto cadastrado em setembro de 2015, sendo observada pequena evolução em janeiro de 2016. Na última inspeção realizada, julho de 2016, foi constatado grande evolução da ravina que passa a causar risco a via permanente e assorear o corpo hídrico localizado nas imediações. É notável que a causa inicial do processo decorreu de danos ou problemas com o projeto ou a implementação do revestimento da sarjeta de aterro.

Alterações: Danos ao sistema de drenagem da ferrovia e assoreamento do corpo hídrico.

Medida sugerida: Restituição do talude de aterro, preferencialmente com solo mais argiloso do que o presente. Recuperação da sarjeta de aterro e construção de escada hidráulica para direcionar o fluxo de água ao corpo hídrico.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O monitoramento via auto de linha é uma atividade dinâmica, cujas condições para sua realização variam em função de diversos fatores, tais como: velocidade, campo visual restrito e altos níveis de ruído do veículo rodoferroviário, condições atmosféricas adversas e iluminação insuficiente; situações inerentes à operação ferroviária, como alto tráfego de composições, sinistros, restrições e dificuldades de acesso a determinados ramais e pátios.

Tais condições acabam por dificultar o registro fotográfico e o acompanhamento dos pontos notáveis em sucessivas campanhas. Dessa forma, nem sempre é possível conseguir o registro fotográfico de todos os pontos monitorados.

A metodologia proposta de coleta de dados apresenta-se satisfatória para o proposto trabalho, porém desde que não haja uma grande quantidade de pontos a serem monitorados.

Uma das grandes dificuldades da concessionária responsável pela operação está relacionada ao número de pontos monitorados ao longo de toda a malha ferroviária sob concessão. Somente no estado de São Paulo são mais de 3.000kms inseridos na licença de operação e quase 500 pontos monitorados, o que torna inviável a análise individual de cada ponto para apresentação em relatório.

Para o controle de uma grande quantidade de pontos monitorados, sugere-se uma reestruturação no atributo “Severidade”, criando mais categorias com o intuito de diferenciar ainda mais os pontos pela criticidade, dando assim prioridade na análise de pontos mais críticos, sendo que os classificados com menor criticidade podem não ser alvo de análise individualizada, se mantendo no cadastro para continuar sendo monitorados, com menor frequência, e reavaliados a cada campanha.

Outra forma de categorizar os pontos classificados com a mesma severidade a fim de determinar os que possuem maior grau a evoluírem, seria determinar pesos para os atributos coletados em campo como a cobertura vegetal (nível de proteção do solo), a declividade (grau de inclinação), uso do solo do entorno e alterações ocasionadas, assim como para as características locais elencadas no trabalho pós

campo, como pedologia, geologia e geomorfologia. Outros atributos não verificados também poderiam ser levados em consideração, baseado em metodologias como a de FLORENZANO (2008), como taxa de dissecação do terreno e intensidade pluviométrica, relevantes para o tema de estudo

É imprescindível que tanto as medidas preventivas quanto as corretivas relacionadas aos processos erosivos, movimentos de massa, obras de contenção e sistemas de drenagem sejam realizadas de forma integrada, pois em muitos casos há a correlação das causas e efeitos entre os fatores citados, sendo que a solução exige um conjunto de medidas que somente interligadas podem resolver as deficiências de forma efetiva.

Algumas medidas preventivas genéricas podem ser executadas ao longo da via com intuito de minimizar o desenvolvimento de processos erosivos e a deflagração de movimentos de massa em empreendimentos lineares, e são apresentadas a seguir:

- Implantar sistemas de drenagem adequados nos locais com ausência de dispositivos, ou em locais que apresentam o desenvolvimento de processos erosivos decorrentes de seu mau funcionamento.
- Adequar o direcionamento do fluxo de água por meio de sistemas de drenagem para áreas adequadas e menos suscetíveis ao desenvolvimento de processos erosivos;
- Avaliar a necessidade de instalação de sistema de drenagem em locais identificados com alagamento da via;
- Realizar atividades periódicas de limpeza e desobstrução nos sistemas de drenagem, prevenindo seu assoreamento e garantindo seu adequado funcionamento, de modo a prevenir processos erosivos e movimentos de massa;
- Avaliar quanto à necessidade de instalação de caixas de dissipação de energia nas alas de saída dos sistemas de drenagem localizados em áreas suscetíveis à instalação de erosão hídrica, e conforme diretrizes do projeto de engenharia;

- /Implantar e realizar a manutenção adequada de sistemas de drenagem nos topos e pés de aterros e taludes com reincidência de movimentos de massa, com prioridade nos locais com potencial de afetar a operação da ferrovia e ocasionar impactos no entorno da ferrovia;
- Realizar a revegetação do solo exposto por meio de medidas viáveis a cada região em taludes que se encontram dessa forma e também após as ações de restituição de taludes os quais estavam afetados por processos erosivos ou cicatrizes de deslizamento;
- Promover ações junto as comunidades lindeiras com intuito de orientar sobre a disposição incorreta de resíduos sólidos urbanos na faixa de domínio da ferrovia, principalmente em taludes;
- Avaliar as obras de contenção periodicamente e analisar a necessidade de implantação de novas estruturas ao longo da faixa de domínio da via permanente de acordo com os registros de processos erosivos e movimentos de massa;

Já as medidas corretivas que podem ser sugeridas são apresentadas a seguir, e devem ser executadas de acordo com a singularidade das características de cada feição monitorada:

- Recuperar obras de contenção danificadas e/ou consideradas insuficientes, identificadas ao longo dos monitoramentos;
- Aplicar medidas de controle e correção em feições erosivas originadas e/ou potencializadas por sistemas de drenagem;
- Recuperar estruturas de drenagem danificadas, que estejam ou não causando processos erosivos;
- Realizar a limpeza de sedimentos, vegetação, entre outros materiais que estejam obstruindo sistemas de drenagem identificados com obstrução parcial ou total;

- Remover sedimentos oriundos de processos erosivos ou movimentos de massa que estejam assoreando a via permanente;
- Realocar os sedimentos removidos para onde não sejam carregados para a via, sistemas de drenagem e corpos hídricos, conforme procedimentos estabelecidos pelo órgão ambiental;
- Reconformar taludes com feições de processos erosivos e cicatrizes de deslizamento, e revegetá-los.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDREÓTI, CLÁUDIO EDUARDO. **Avaliação da eficiência de um sistema agroflorestal na recuperação de um solo degradado por pastoreio**. Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Geografia Física. Linha de Pesquisa: Dinâmica das relações solo-planta atmosfera, Sistemas Agroflorestais, Desenvolvimento sócio-ambiental) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Geografia Física da Universidade de São Paulo.
- AUGUSTO FILHO, O. **Caracterização geológico-geotécnica voltada à estabilização de encostas: uma proposta metodológica**. CONFERÊNCIA BRASILEIRA SOBRE ESTABILIDADE DE ENCOSTAS. Anais. Rio de Janeiro: ABMS/ABGE/PMRJ/SMO/GEORIO, 1992. v. 2. p. 721-733.
- AUGUSTO FILHO, O; CERRI, L.E.S. Programa Serra do Mar: **Carta geotécnica da Serra do Mar nas folhas de Santos e Riacho Grande**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas. 1988. 49p.
- ARAÚJO, G. H. de S.; ALMEIDA, J. R. de; GUERRA, A. J. T. **Gestão ambiental de áreas degradadas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2013. 322p
- BACCARO, C. A. D. **As Unidades geomorfológicas e a erosão nos chapadões do Município de Uberlândia**. Sociedade & Natureza, Uberlândia, v. 6, n. 11/12, p. 19-33, jan./dez. 1994.
- BIGARELLA, J. J. **Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2003. 1026 p.
- BLOOM, A. **Superfície da Terra**. S. Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda., 1970.
- BRASIL. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de drenagem de Rodovias- 2. ed.** - Rio de Janeiro, 2006.
- CARVALHO, P. A. S. (Coord.) **Manual de Geotecnia – Taludes de Rodovias**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) – Departamento de Estradas e Rodagem (DER) 1991. 388p.
- CEPAGRI – Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura. URL: “<http://www.cpa.unicamp.br/index.html>”. Acesso em 21/10/2016.

FLORENZANO, Tereza G. (Org.) **Geomorfologia: Conceitos e aplicações**. São Paulo: Oficina de textos, 2008.

GUERRA, A.J.T. **Ravinas: processo de formação e desenvolvimento**. Anuário do Instituto de Geociências. Rio de Janeiro: Vol. 20, p. 09-26, 1997.

GRAY, G.L.; LEISER, A.J. **Role of vegetation in stability and protection of slopes**. In: **Biotechnical slope protection and erosion control**. P.37-65. New York. Van Nortrand Reinhol Company, 1982.

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

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS - PMC. **Área de proteção ambiental do campo grande: Caderno de subsídios**. Disponível em: http://campinas.sp.gov.br/governo/meioambiente/UC_APA_campo_grande_02_06.pdf. Acesso em: 05/11/2016

ROSS, J.L.S. & MOROZ, I.C. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: HUMANITAS/IPT/ FAPESP, 1997.

ROSS, J.L.S. **O Relevo Brasileiro: Uma nova proposta de classificação**. In: Revista do Departamento de Geografia, n 04, FFLCH/USP, São Paulo, 1985.

SABESP. Plano de Bacias Hidrográficas 2004-2007 dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí.

SigRH – Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/cbhpcj/apresentacao>. Acesso em 27/07/2016.

SigRH – Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo. **Caracterização Geral da UGRHI-10**. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents/6525/relsmstseg.pdf>. Acesso em 01/08/2016.

SILVA, A.C. **Relação entre voçorocas e solos na região de Lavras (MG)**. Lavras: Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1990. 124p. Dissertação Mestrado.

SUGUIO, K. **Geologia sedimentar**. 1ª Edição. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda, 2003.

7. ANEXOS

- Planilha contendo os registros de processos erosivos e feições de movimentos de massa correlacionadas aos pontos críticos de drenagem e obras de contenção monitorados ao longo das quatro campanhas realizadas pela concessionária;
- Fotos referentes aos pontos monitorados;