

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COECI - COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

LETÍCIA MARTINS FERNANDES

**ELABORAÇÃO DE UM BANCO DE DADOS GEORREFERENCIADOS
DOS PROCESSOS EROSIVOS NO MUNICÍPIO DE TOLEDO - PR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TOLEDO - PR

2018

LETÍCIA MARTINS FERNANDES

**ELABORAÇÃO DE UM BANCO DE DADOS GEORREFERENCIADOS
DOS PROCESSOS EROSIVOS NO MUNICÍPIO DE TOLEDO - PR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel, do curso de Engenharia Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Elmagno Catarino Santos Silva.

TOLEDO - PR

2018



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Toledo
Coordenação do Curso de Engenharia Civil



TERMO DE APROVAÇÃO

Título do Trabalho de Conclusão de Curso de Nº 163

ELABORAÇÃO DE UM BANCO DE DADOS GEORREFERENCIADOS DOS PROCESSOS EROSIVOS NO MUNICÍPIO DE TOLEDO - PR

por

LETÍCIA MARTINS FERNANDES

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 11:10 h do dia **07 de Novembro de 2018** como requisito parcial para a obtenção do título **Bacharel em Engenharia Civil**. Após deliberação da Banca Examinadora, composta pelos professores abaixo assinados, o trabalho foi considerado **APROVADO**.

Prof^a Msc. Patrícia Cristina Steffen
(UTFPR – TD)

Prof^o Dr. Wagner Alessandro Pansera
(UTFPR – TD)

Prof Dr. Elmagno Catarino Santos Silva
(UTFPR – TD)
Orientador

Visto da Coordenação
Prof. Dr Fúlvio Natércio Feiber
Coordenador da COECI

A folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Meire Cláudia Martins e Marcelo Fernandes, pelo apoio, paciência, compreensão e amor, durante todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pelo dom da vida e pelas oportunidades que me ofereceu.

Agradeço aos meus pais Meire Cláudia Martins e Marcelo Fernandes por acreditarem mais em mim do que eu mesma, me dando suporte, ensinamentos e amor incondicional.

Ao Paulo, tios, tias e amigos de longa data, que mesmo distantes, sempre mandavam forças e mensagens positivas para continuar em busca dos meus sonhos.

Aos meus amigos, Eloá, Caroline, Eddie, Vanessa e Suelen que durante a universidade se tornaram parte da minha família, ouvindo e acalmando nos momentos mais complicados.

A prefeitura de Toledo-PR por contribuir com informações para o desenvolvimento do trabalho.

As demais pessoas não citadas, porém não esquecidas, que contribuíram de alguma forma para o desenvolvimento do trabalho.

Muito obrigada!

RESUMO

FERNANDES, Letícia Martins. **Elaboração de um banco de dados georreferenciados dos processos erosivos no município de Toledo - PR.** 2018. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia Civil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Toledo, 2018.

O município de Toledo-PR, conhecido como grande produtor de grãos, aves e suínos, tem se destacado nos últimos anos devido ao seu desenvolvimento urbano. Em consequência desse crescimento, temos uma diminuição da área de solo permeável e com isso, provoca-se um aumento nos processos erosivos da região e do assoreamento de córregos, rios e lagos. O presente trabalho teve como objetivo localizar e classificar algumas feições erosivas, a fim de ter uma espacialização dos eventos e tentar identificar o que tem provocado o surgimento das mesmas, quais riscos essas erosões causam a população que convive no local, assim como propor soluções para esses problemas. Essa análise aconteceu através da criação de um banco de dados georreferenciado com 12 feições erosivas e com o auxílio do *software* QGIS, no qual produziu-se um mapa de distribuição dessas feições, comparando suas localizações com a distribuição de estradas e cursos d'água da região. Após a produção do mapa, realizou-se a análise dos resultados através dos dados coletados em campo, e observou-se que 50% dos casos analisados ocorreram próximos a estradas pavimentadas e não pavimentadas, devido à falta de drenagem adequada. Por meio desse estudo será possível elaborar futuramente documentos legislativos de controle de uso e ocupação de solo, assim como possibilitará estabelecer melhorias no sistema de drenagem em determinadas regiões do município.

Palavras-chave: Erosão linear. Sistema de Informações Geográficas. QGIS.

ABSTRACT

FERNANDES, Leticia Martins. **Elaboration of a georeferenced database of erosion processes in the city of Toledo -PR.** 2018. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia Civil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Toledo, 2018.

The city of Toledo-PR, known as a major producer of grains, fowl and pigs, has been outstanding in recent years due to its urban development. As a consequence of this growth, we have a decrease in the area of permeable soil and with that, it causes an increase in the erosive processes of the region, and the silting of streams, rivers and lakes. So the present work had as objective to locate and classify some erosive features, in order to have a spatialization of events and try to identify what has caused the emergence of events, what risks these erosions cause the population that lives in the place, as well as propose solutions for these problems. This analysis was carried out through the creation of a georeferenced database with 12 erosive features and with the aid of the QGIS software, a distribution map of these features was produced, comparing their locations with the distribution of roads and waterways in the region. After the production of the map, the results were analyzed through the data collected in the field, and it was observed that 50% of the analyzed cases occurred near paved and unpaved roads, due to the lack of adequate drainage. Through this study, it will be possible to prepare legislative documents to control land use and occupation in the future, as well as to establish improvements in the drainage system in certain regions of the county.

Keywords: Linear erosion. Geographic Information System. QGIS.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Erosão linear do tipo sulco.....	18
Figura 2 - Erosão linear do tipo ravina.....	19
Figura 3 - Erosão linear do tipo voçoroca.....	20
Figura 4 - Barragem do Rio Teton–Rompimento em 1976.....	21
Figura 5 - Variação da declividade em encostas convexas (A) e côncavas (B).	23
Figura 6 - Classificação das formas de encosta.....	24
Figura 7 - Principais atividades envolvidas em Geoprocessamento.....	28
Figura 8 - Fluxograma da estrutura da pesquisa.....	31
Figura 9 - Localização do município de Toledo- PR em relação ao Brasil.	32
Figura 10 - Ficha de identificação: feição erosiva 01.....	37
Figura 11 - Ficha de identificação: feição erosiva 02.....	38
Figura 12 - Ficha de identificação: feição erosiva 03.....	39
Figura 13 - Ficha de identificação: feição erosiva 04.....	40
Figura 14 - Ficha de identificação: feição erosiva 05.....	41
Figura 15 - Ficha de identificação: feição erosiva 06.....	42
Figura 16 - Ficha de identificação: feição erosiva 07.....	43
Figura 17 - Ficha de identificação: feição erosiva 08.....	44
Figura 18 - Ficha de identificação: feição erosiva 09.....	45
Figura 19 - Ficha de identificação: feição erosiva 10.....	46
Figura 20 - Ficha de identificação: feição erosiva 11.....	47
Figura 21 - Ficha de identificação: feição erosiva 12.....	48
Figura 22 - Tabela de feições erosivas conforme a sua localização.	49
Figura 23 - Gráfico da porcentagem de erosões em sulcos conforme a sua profundidade.	50
Figura 24 - Gráfico da porcentagem de erosões em forma de ravina conforme a sua profundidade.	51
Figura 25 - Mapa de distribuição das feições erosivas em escala 1:250.000.....	55
Figura 26 - Mapa de feições erosivas e estações pluviométricas de Toledo – PR em escala 1:250.000.....	58

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Ficha de identificação das feições erosivas	34
Quadro 2 - Classificação da feição erosiva conforme a sua localização.	49
Quadro 3 - Quantidade de sulcos conforme a sua região cadastrada.....	50
Quadro 4 - Quantidade de ravinas conforme a sua região cadastrada.	51
Quadro 5 - Banco de dados georrefenciado de feições erosivas.	53

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIACÕES

ADAPAR	Agência de Defesa Agropecuária do Paraná
CSV	Comma – Separated Values
DAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
ITCG	Instituto de Terras, Cartografia e Geografia do Paraná
OSGeo	Open Source Geospatial Foundation
SEPLAN	Secretaria do Planejamento e Orçamento
S	Sul
SIG	Sistema de Informações Geográficas
UTM	Universal Transverso de Mercator
W	Oeste

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 JUSTIFICATIVA	13
1.2 OBJETIVO GERAL	13
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 EROÇÃO	15
2.1.1 Produção de sedimentos	16
2.1.2 Erosão laminar	16
2.1.3 Erosão linear	17
2.1.3.1 Sulcos.....	18
2.1.3.2 Ravinas	18
2.1.3.3 Voçorocas	19
2.1.4 Erosão Interna (<i>piping</i>)	20
2.2 FATORES CONDICIONANTES DOS PROCESSOS EROSIVOS	21
2.2.1 Precipitação	21
2.2.2 Relevo	22
2.2.3 Solos	24
2.2.4 Cobertura vegetal	25
2.2.5 Ação antrópica	25
2.2.6 Geologia	26
2.3 CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA.....	26
2.4 BANCO DE DADOS	27
2.5 GEOPROCESSAMENTO.....	27
2.6 SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG)	28
2.6.1 Programa Computacional QGIS	29

3 MATERIAIS E MÉTODOS	30
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	32
3.2 RECONHECIMENTO DAS FEIÇÕES EROSIVAS	33
3.2.1 Visitas de campo e software BaseCamp	33
3.3 FICHA DE IDENTIFICAÇÃO	34
3.4 ORGANIZAÇÃO DOS DADOS	35
3.5 MAPA ELABORADO NO SOFTWARE QGIS	35
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	36
4.1 ANÁLISE DAS FICHAS DE IDENTIFICAÇÃO	36
4.2 ANÁLISE QUANTITATIVA DAS FEIÇÕES EROSIVAS CADASTRADAS	49
4.3 BANCO DE DADOS	52
4.4 MAPA COM A LOCALIZAÇÃO DAS FEIÇÕES EROSIVAS	54
4.5 IDENTIFICAÇÃO DAS POSSÍVEIS CAUSAS DE OCORRÊNCIA DOS PROCESSOS	56
4.6 POSSÍVEIS SOLUÇÕES PARA AS FEIÇÕES EROSIVAS ESTUDADAS	59
5. CONCLUSÃO	60
5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	61
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62

1 INTRODUÇÃO

O Brasil tem passado por um acelerado processo de urbanização nos últimos anos, proporcionando desmatamento de grandes regiões, a fim de iniciar-se novas construções de estradas, habitações, loteamentos e obras públicas. Essas ações têm gerado um uso excessivo do solo, promovendo riscos para a comunidade ali instalada.

O crescimento da área urbana tende a impermeabilizar cada vez mais o solo, antes usado para outros fins, como atividades agrícolas. Isto tem diminuindo a permeabilidade do solo, aumentando o escoamento superficial. Desta forma, a cidade ou rodovia que não possuem um sistema de drenagem eficiente para a carga de água que será escoada, iniciará problemas decorrentes dos processos erosivos, como por exemplo, patologias nos pavimentos e assoreamento de rios e córregos.

Com o aumento da urbanização e crescimento da agricultura e pecuária, tornou-se necessário implantar novos métodos de planejamento nas cidades e no campo, a fim de otimizar os meios de gestão já existentes. Hoje um dos métodos mais aplicados é o Sistema de Informações Geográficas – SIG, que nos permite obter informações precisas de dados, contribuindo nos surgimento de novas tecnologias de precisão (ALVES et al., 2017).

No município de Toledo, localizado na Região Oeste do Paraná, a Agência de Defesa Agropecuária do Paraná – ADAPAR, a Secretaria de Infraestrutura Rural e a Secretaria de Agricultura, Pecuária e Abastecimento são as responsáveis pelo controle dos eventos ocorridos com a ocupação do solo, como as erosões. Entretanto, as mesmas não possuem um sistema de informações geográficas que permita terem o controle espacial das ocorrências desses processos.

Segundo algumas informações disponibilizadas por esses órgãos, o município vem sofrendo com o aumento da ocorrência dos processos erosivos desde outubro de 2017, pois nesse período ocorreu um dos maiores índices pluviométricos já analisados, sendo que até então a região possuía alguns casos de erosões laminares e pequenos sulcos. Além disso, a expansão urbana e o início de colheita com trabalho de diversos maquinários aceleraram esses processos na região.

Sendo assim, abordou-se neste trabalho a ocorrência dos processos erosivos no município de Toledo – PR, criando um banco de dados georreferenciado, a partir

de imagens de satélite, uso do GPSMAP 64sc e do programa computacional QGIS, com o intuito de localizar espacialmente os diversos tipos de erosões ocorridas e os problemas provocados por elas na região.

1.1 JUSTIFICATIVA

O uso e a ocupação desordenados de terras no Brasil e no mundo têm ocorrido frequentemente, provocando processos erosivos (erosão laminar e linear) e conseqüentemente acarretando em problemas ambientais, contribuição de alagamentos nas áreas urbanas e possíveis assoreamentos em lagos e reservatórios.

Com o propósito de evitar problemas desse tipo na região, a ITAIPU realizou uma parceria com a prefeitura de Toledo-PR, para implantar o programa “Gestão por Bacias”, a fim de planejar as ações de recuperação ambiental, uso e ocupação do solo, conservação e manejo dos solos da região, para evitar que sedimentos produzidos na microbacia de Toledo possa alcançar o reservatório de ITAIPU, assim garantindo uma maior vida útil do mesmo.

Desta forma, este trabalho justifica-se dada a necessidade de identificar e conhecer os principais mecanismos que desencadeiam os processos erosivos e promovem a produção de sedimentos, do município de Toledo – PR. E para tal análise, fez-se o uso do SIG, como o *software* QGIS, para que o banco de dados gerado possa servir futuramente de documentos legislativos para o município e permitir que outras análises também possam ser feitas através do documento geográfico gerado.

1.2 OBJETIVO GERAL

A pesquisa teve como objetivo geral localizar e classificar as feições erosivas ocorridas no município de Toledo – PR.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Localizar pontos de ocorrência dos processos erosivos;
- Classificar os tipos de erosão presentes no local;

- Identificar as possíveis causas de ocorrência das erosões;
- Verificar possíveis danos causados pelas erosões;
- Montar um banco de dados georreferenciado; e
- Propor soluções para evitar a ocorrência dos processos erosivos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 EROSÃO

O solo é um recurso natural básico para o desenvolvimento de uma nação, porém quando não tomado os cuidados básicos para que o mesmo possa se renovar, ele começa a se degradar, sendo conhecido esse processo pelo termo de “Erosão”.

De acordo com Salomão e Antunes (1998) o solo pode ser analisado de diversas formas, pois dependerá do enfoque científico que será abordado. Como por exemplo, ao estudarmos os solos de acordo com a ciência que pesquisa a sua origem (geologia), ele é um produto do intemperismo físico, químico ou biológico da rocha; já para análise da engenharia civil, o solo pode ser todo o material que permite ser escavável para futuras obras e que possui variação de resistência de acordo com o ambiente que está empregado; e outra forma de interpretação pode ser pela agronomia, sendo o solo aquele material com vida microbiana onde sua camada superficial pode ser arável.

Mas independente da utilização do solo, a sua origem e transformação será a mesma. Segundo Salomão e Antunes (1998), o clima, o ambiente em que está empregado, o material de origem, o relevo e o tempo, são fatores condicionantes do solo, que permitem que o mesmo possa sofrer alteração ao longo do tempo.

Esses fatores podem potencializar o processo de erosão, pois, segundo o Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT (1986), a erosão é um conjunto de processos, onde o material, terroso ou rochoso, pode ser desagregado, desgastado ou dissolvido, e transportado através dos agentes erosivos, como, o vento, a água e o gelo.

Dependendo da região onde o solo está situado, os agentes erosivos podem agir de formas mais agressivas, como por exemplo, os solos empregados em ambientes tropicais, que possuem um índice pluviométrico elevado, onde o solo satura-se rapidamente e diminui, às vezes, a sua resistência superficial, facilitando o carreamento do solo (CONCIANI, 2008).

Como pode-se perceber, o processo de erosão ocorre de forma natural na superfície terrestre, sendo o responsável pela modificação da forma do relevo. De acordo com Arcaya (2007), existe um quadro dinâmico na superfície da terra no

qual, diversos processos ocorrem de formas contrárias, isto é, formando e erodindo o solo, tentando manter sempre um equilíbrio. Entretanto, com a interferência humana esse processo pode ser acelerado, podendo ser visto muitas vezes nas regiões rurais, mas também ocorrem com certa constância nas regiões urbanas.

Pereira e Cestaro (2015) citam a importância de ter um estudo sobre as erosões e o grau de susceptibilidade desses processos erosivos, pois desta forma pode-se ter um controle do ordenamento do território e como consequência, um material para produção de instrumentos legislativos de regulação do uso e ocupação do solo dos municípios.

2.1.1 Produção de sedimentos

No estudo dos processos erosivos, um tema bastante discutido na literatura é a produção de sedimentos. Isto porque o solo uma vez erodido pode se deslocar para outros lugares, por meio da ação do vento ou da água. Desta forma, torna-se necessário analisar os locais que sofreram a perda dos solos e que receberão os mesmos, pois podemos ter o surgimento de voçorocas e ravinas e possíveis assoreamentos de canais, lagos e reservatórios, conseqüentemente (IWASA; FENDRICH, 1998).

Segundo Conciani (2008), na região urbana as erosões estão presentes nas encostas de morros, nos canais a céu aberto, nas ruas não pavimentadas, em parques e praças, podendo ter danos na infraestrutura urbana, além de acumular toneladas de solo em calçamento de ruas e avenidas.

Além disso, quando esses sedimentos encontram o curso d'água, segundo Silva (2009), afetam a geração de energia elétrica, o amortecimento de cheias e regularização dos cursos d'água. Isso porque, o material se deposita no fundo do leito e pode causar o assoreamento dos rios, ou então no caso das barragens hidrelétricas, onde a deposição do sedimento pode atingir um volume acima da tomada d'água impedindo assim que ocorra a produção de energia.

2.1.2 Erosão laminar

A erosão laminar também pode receber o nome de erosão superficial, entressulcos ou erosão em lençol, dependendo do autor do estudo. A mesma ocorre

quando a água precipitada provoca a saturação do solo e assim não consegue mais infiltrar-se, promovendo então, o escoamento superficial, no que irá transportar partículas de solo de forma uniforme e promover o carreamento de nutrientes (CIPRIANI, 2014).

De acordo com Dedeczek (1989), a desagregação das partículas do solo por erosão laminar ocorre através da gota da chuva (salpico), que segundo Conciani (2008), ao ter o choque da gotícula com o solo, a mesma irá destacar e espalhar as partículas de solo, existindo esse processo somente antes da formação da lâmina de água escoar sobre o solo.

Segundo Silva (1995), a erosão superficial é dificilmente diagnosticada, pois ocorre um desgaste constante da camada do solo, sem a existência de sulcos.

Algumas características de que o solo está sofrendo processo erosivo são: apresentar com o passar do tempo uma coloração mais clara que a natural, ocorrer uma diminuição da produtividade, além do rebaixamento da cota do terreno.

Conciani (2008) chama a atenção, dizendo que quando é notada uma erosão linear, significa que este solo está em uma fase avançada de degradação, devido à mesma ser uma próxima fase da erosão laminar.

Um levantamento realizado pelo IBGE (2000, apud Brito ,2012), a respeito da incidência das erosões laminares nas cinco regiões do Brasil, mostrou que nos municípios pesquisados na região Sul, a erosão laminar ocorre em 57% deles, sendo um valor preocupante, pois quando não solucionadas pode gerar grandes transtornos para a população.

2.1.3 Erosão linear

Como já visto, a erosão linear é um processo avançado da erosão laminar, pois nessa fase há uma concentração das linhas de fluxo, geradas pelo escoamento superficial e subterrâneo (em cabeceiras de cursos d'água), que ganha forças de acordo que ocorre a convergência desses fluxos, provocando então incisões no terreno. Deste modo, segundo Dedeczek (1989), temos como agente erosivo a enxurrada.

Arcaya (2007) diz que as principais feições advindas desse processo de erosão são: sulcos, ravinas e voçorocas, diferenciando-se através do estágio de evolução do processo erosivo e da sua profundidade.

Segundo pesquisa realizada pelo IBGE (2000, apud Brito 2012), dos municípios estudados na região Sul do Brasil, 23% apresentaram algum tipo de erosão linear. Desta forma, se comparados os índices de ocorrência da erosão linear com a laminar, verifica-se menores incidências das erosões lineares (34% menor), entretanto isso não significa que os prejuízos provocados são menores, pois a área de abrangência pode ser centenas de metros.

2.1.3.1 Sulcos

Segundo o IPT (1991, apud Silva, 2009), os sulcos (Figura 1) são caracterizados por serem pequenas incisões no solo, com até 50 centímetros de profundidade. Além disso, são formados perpendicularmente às curvas de nível do terreno e esse tipo de erosão pode ser corrigido através de trabalhos com trator e preparação do solo.

Figura 1 - Erosão linear do tipo sulco.



Fonte: UNESP (1999).

2.1.3.2 Ravinas

Segundo Souza et al. (2017), as ravinas podem ser identificadas como o aprofundamento dos sulcos, onde a sua profundidade mínima é de 50 centímetros e que não tenha atingido o lençol freático. Caracterizada por ser linear, de forma alongada e estreita, como pode ser visto na Figura 2.

Figura 2 - Erosão linear do tipo ravina.



Fonte: IPT (1986, apud Souza, 2017).

2.1.3.3 Voçorocas

As voçorocas ou boçorocas, segundo Silva (1995), ocorrem quando há um deslocamento de grande quantidade de solo, formando imensos sulcos em extensão e profundidade. Salomão, Canil e Rodrigues (2017), afirmam que a voçoroca é uma erosão hídrica que não depende somente das águas superficiais, mas também será intensificada pelo fluxo da água subterrânea, incluindo o aquífero freático, podendo ocasionar em conjunto, uma erosão interna (*piping*).

Souza et al. (2017) define a voçoroca como sendo a forma de erosão hídrica mais complexa e mais destrutiva, pois a mesma pode ter, em média, de 15 a 30 metros de profundidade, alcançando centenas de metros de comprimento, como pode ser visto na Figura 3.

De acordo com Guidicini & Nieble (1984), as voçorocas possuem uma seção em “U”, pois com ação do lençol freático, aumentando a erosão, a mesma cresce mais para suas laterais do que a montante, transformando o canal que anteriormente tinha formato de “V” (ravinas).

Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias - Embrapa (2011), as cabeceiras de drenagens devem receber maior atenção, pois são consideradas áreas de risco para o processo de erosão, mais especificamente para a formação de voçorocas.

Figura 3 - Erosão linear do tipo voçoroca.



Fonte: Correia (2017).

2.1.4 Erosão Interna (*piping*)

A erosão interna, *piping* ou entubamento, de acordo com Conciani (2008), é uma erosão pouco visível, pois como o seu nome já diz, ela ocorre internamente ao maciço de solo, só sendo notada quando há grandes recalques devido à mudança de cota dos taludes de canais, barragens ou voçorocas.

Domingues et al. (1998) diz que essa erosão acontece devido à perda de resistência ou estabilidade do solo, além do desarranjo da sua estrutura. Quando a força do peso do solo é superada pela força de percolação da água, será criado no interior do maciço um caminho preferencial de escoamento (caminho crítico), causando rupturas hidráulicas. Deste modo, haverá remoção das partículas de solo criando vazios no seu interior, em forma de canais ou tubos, que através da percolação contínua promoverá um crescimento da erosão que pode vir a deslocar o material acima deste caminho preferencial.

Um exemplo prático de erosão interna ocorreu no estado de Idaho, nos Estados Unidos, em 1976, onde a barragem de Teton rompeu-se devido a este tipo de erosão, Figura 4. Segundo Sugimoto (2014), o tempo entre processo de detecção do problema e o seu rompimento não foi maior que duas horas, além disso, esse desastre causou a morte de 11 pessoas.

Figura 4 - Barragem do Rio Teton–Rompimento em 1976.



Fonte: Arthur (1976, apud Sugimoto, 2014).

2.2 FATORES CONDICIONANTES DOS PROCESSOS EROSIVOS

O processo erosivo, segundo Arcaya (2007), ocorre através da combinação de alguns fatores ou condicionantes, como: os fatores naturais (precipitação, cobertura vegetal, relevo, tipo de solo local e substrato rochoso) e os fatores antrópicos (desmatamento e o uso e ocupação do solo). Sendo que os fatores naturais podem definir a intensidade em que ocorre a erosão e os fatores antrópicos podem intensificá-los ou não, além disso, o processo erosivo pode ocorrer através da junção desses fatores.

Para IBGE/ Secretaria do Planejamento e Orçamento - SEPLAN-MS (1989) apud Silveira (2002), os fatores que influenciam no processo erosivo podem ser divididos em duas categorias: fatores imutáveis e mutáveis a curto espaço de tempo. Os imutáveis seriam o relevo, clima e solo, e os mutáveis, aqueles que em pouco tempo conseguem sofrer grandes mudanças, seriam: cobertura vegetal e uso do solo.

2.2.1 Precipitação

A precipitação pluvial é considerada pelas bibliografias o principal agente ativo da erosão, segundo Lombardi e Pastana (1972), toda erosão que ocorre no solo necessita da presença de água sobre o terreno. Sendo a capacidade da chuva

em erodir o solo, conhecida como erosividade (fator R), coeficiente calculado em função da intensidade, duração e frequência da chuva.

Segundo Conciani (2008), a precipitação tem esse grau de importância, por causar o destacamento de partículas no solo através do impacto das gotas de chuva (salpico) e depois transportar o material solto na superfície.

O Departamento de Águas e Energia Elétrica - DAEE/IPT (1990), afirma que eventos como chuvas torrenciais ou pancadas de chuvas intensas geram grandes impactos sobre o solo, acelerando ao máximo o seu processo erosivo.

Entretanto, Sena (2008) comenta que a concentração da precipitação em alguns períodos do ano é o fator climático fundamental para o surgimento de erosões, sendo que em regiões onde existem baixos índices de chuvas, o solo fica seco e o nível do lençol freático mais baixo durante maior parte do ano, e quando ocorrem essas pancadas de chuva, mesmo que em pequenos volumes mensais, pode trazer grandes danos para o solo da região.

Deste modo, pode-se dizer que além da presença da chuva é importante conhecer a série histórica, a situação hídrica local (*déficit* ou *superávit*) através do balanço hídrico, para gerar análise mais eficiente dos motivos que provocaram tal erosão.

2.2.2 Relevô

O relevo é um fator natural muito importante no estudo dos processos erosivos, pois controla a relação existente entre a infiltração e escoamento superficial do terreno. Sendo que em relevos mais acidentados o escoamento superficial terá maior velocidade, portanto maior capacidade erosiva. Ao mesmo tempo em que, encostas mais longa e com formas tendendo a convexas, possuem maiores concentrações de fluxo (SENA, 2008; DAEE/IPT, 1990).

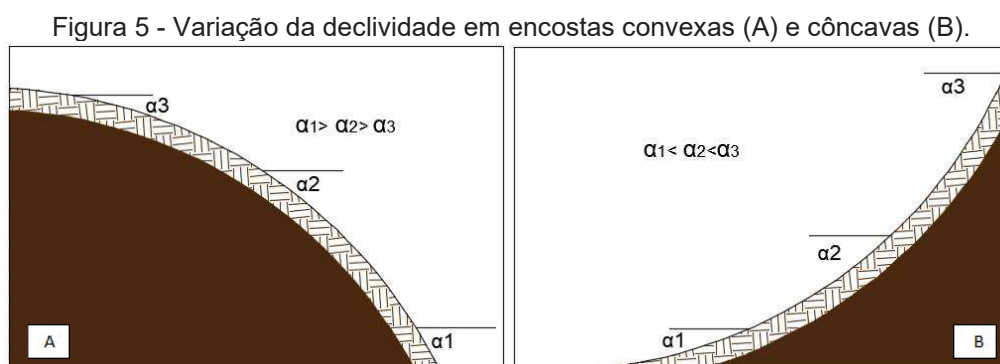
Amorim et al. (2017), afirma que a declividade dominante do terreno pode gerar diferentes possibilidades de ocorrência de processos de erosão hídrica linear conforme mais intensa for a sua inclinação, como pode-se notar que:

- Terreno com uma declividade suave (<5%) em altos topográficos e baixadas existe uma baixa possibilidade de ocorrer esse processo, sendo normalmente evidenciado nesta situação: poucos sulcos erosivos, rasos e esparsos;

- Terreno com uma declividade moderada (5 a 15%) em meia encosta, a possibilidade é considerada moderada, podendo ser produzidos: sulcos erosivos e acúmulo de materiais erodidos na faixa de domínio das estradas;
- Terreno com declividades acima de 15% (alta) em meia encosta ou cabeceiras de drenagens possuem altas possibilidades de erosão, sendo marcante a presença de sulcos erosivos, profundos, podendo ser encontradas também ravinas e voçorocas, além de gerar uma acumulação significativa de materiais erodidos na faixa de domínio das estradas.

Entretanto esses valores de declividades críticas para o terreno podem variar conforme o autor, pois não existe um consenso entre eles.

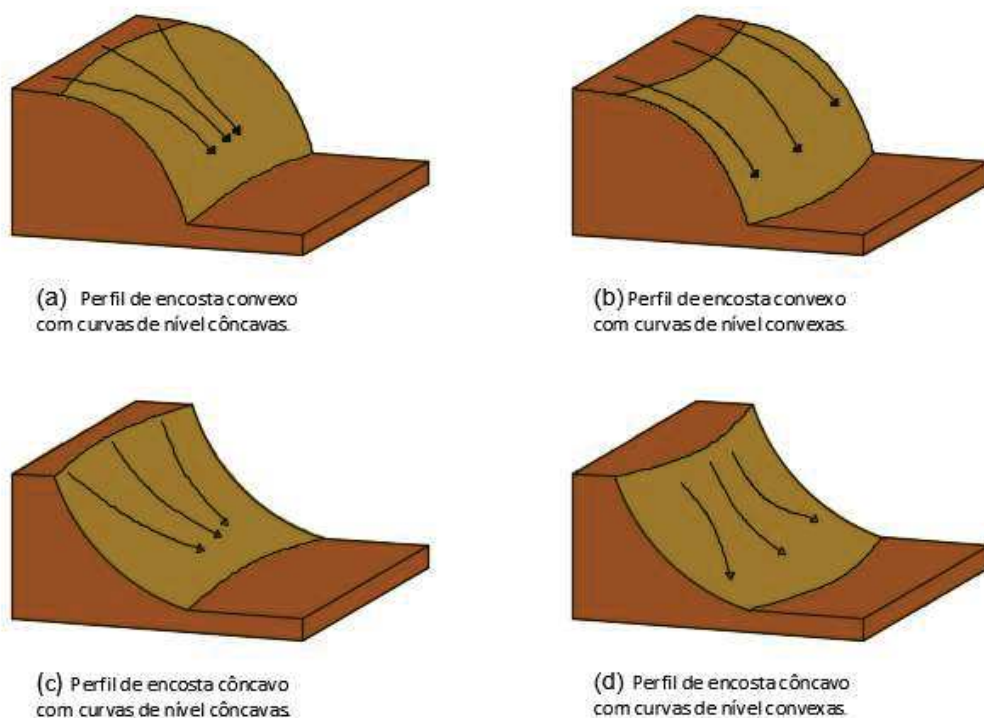
Hadley et al. (1985) dizem que a forma do perfil da encosta é algo a ser muito bem analisado, pois pode ser mais importante que a declividade do terreno (Figura 5), no processo erosivo.



Fonte: Autoria própria (2018).

Conforme Sena (2008), nas encostas convexas as declividades locais aumentam conforme se aproxima da base e possuem a tendência de concentração do fluxo em determinadas direções. Já as com formato côncavo, a declividade tende a diminuir conforme se aproxima da base e a sua concentração de fluxo é direcionada ao centro da base, sendo assim um fluxo menos propício a causar erosões. Formas que podem ser vistas na Figura 6.

Figura 6 - Classificação das formas de encosta.



Fonte: Autoria própria (2018).

2.2.3 Solos

Segundo Silveira (2002), conhecer a erodibilidade do solo (Susceptibilidade do solo em sofrer erosão) - Fator K, onde o mesmo é calculado em função da granulometria, da percentagem de matéria orgânica, da estrutura do solo e da classe de permeabilidade do perfil, torna-se importante quando analisamos um processo erosivo, sendo que alguns solos são mais vulneráveis ao processo erosivo do que outros, por possuírem características intrínsecas de determinado material.

Estudo sobre determinadas características do solo, como a análise granulométrica, estrutural, permeabilidade, tração e teor de matéria orgânica, ajudam a conhecer o valor de erodibilidade do material (MORGAN, 1995 apud SENA, 2008).

Para Infanti Junior e Fornasari Filho (1998), a textura é importante quando relacionada com a capacidade de infiltração e absorção da precipitação, pois o tamanho e a variação da coesão entre as partículas de solo irão indicar a

porcentagem de poros nesse material terroso. Sendo os materiais com textura arenosa, os que possuem maior porosidade e conseqüentemente maior facilidade de infiltração da água da chuva, dificultando então o escoamento superficial. Todavia, materiais com grande porcentagem de areia possuem baixa coesão, tendo facilidade na retirada do solo e promovendo maior erosão.

2.2.4 Cobertura vegetal

De acordo com Almeida Filho et al. (2001), a partir do momento em que se elimina a cobertura vegetal natural para introduzir no local novas formas de uso e ocupação do solo, o mesmo fica danificado e promove uma ruptura do equilíbrio do meio ambiente, acarretando na intensificação do processo erosivo. Pois a vegetação natural protege o solo dos impactos gerados pela força da gota da chuva (salpico), além de ajudar no processo de infiltração da precipitação.

Guerra (2013) chama atenção para alguns fatores da cobertura vegetal que influenciam diretamente na erosão, como a sua densidade sobre o solo, pois quando elevada pode reduzir a remoção de sedimentos, o escoamento superficial da chuva e consecutivamente a perda de solo. Além disso, a cobertura vegetal pode diminuir a energia cinética da gota da chuva limitando a ação do agente que promove o destacamento da partícula de solo (CONCIANI, 2008).

Segundo Almeida Filho (2015), a presença de cobertura vegetal aumenta a capacidade de retenção de água devido à produção de incorporação de matéria orgânica nesse ambiente. Para Braidá e Cassol (1999), a reposição da cobertura vegetal, seja ela com palha de milho ou de trigo, promove uma redução dos processos erosivos, devido à dificuldade gerada para o transporte de sedimentos e pela possível redução da taxa de desagregação do solo através do aumento da profundidade do fluxo superficial.

2.2.5 Ação antrópica

Um dos fatores mais incisivos na erosão é a ação humana, pois essa pode intensificar com diversas ações os outros fatores erosivos. De acordo com Almeida Filho (2015), ações humanas como desmatamento, cultivos de terras, construção de

estradas, expansão e criação de cidades sem as medidas cabíveis para o melhoramento do solo local, impulsionam a aceleração dos processos erosivos.

Na área de engenharia civil, muitas obras podem intensificar o processo, caso tenha deficiência ou não exista um planejamento das ações que podem ocorrer. Exemplos disso são: obras de terraplanagem, onde promovem a mudança de inclinação e forma dos terrenos; construção de reservatórios ou usinas hidrelétricas, que podem alterar o clima e o regime de chuvas da região; construção de estradas sem o trabalho específico de drenagem para transporte e coleta das águas pluviais; implantação de novos loteamentos sem infraestrutura; expansão de centros urbanos sem preparo geotécnico adequado, como encostas de morros e regiões marginais (ALMEIDA FILHO, 2015; SILVA, 2009).

2.2.6 Geologia

Segundo Silva et al. (2003) os aspectos geológicos são citados como responsáveis pela origem e desenvolvimento das erosões lineares por diversos autores nacionais e mundiais, isso porque, as características litológicas podem influenciar no processo erosivo por meio da mineralogia e textura das rochas presentes nos substratos rochosos, uma vez que esses aspectos condicionam a permeabilidade e facilidade de carreamento de partículas que sofreram intemperismo. Além disso, estruturas geológicas com zonas de falha ou fraturamento podem tornar-se caminhos críticos para a percolação d'água, causando *piping* no maciço.

De acordo com Arcaya (2007) regiões com formação geológica sedimentar, como os solos podzólicos, latossolos ou depósitos alúvio-coluvionares, onde possuem cobertura arenosa, são as áreas mais propícias a terem voçorocas no Brasil.

2.3 CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA

Conforme Arcaya (2007), os mapas e cartas são utilizados por diversos tipos de usuários, e para diversas finalidades, como por exemplo, contribuir com o planejamento urbano, regional, territorial e ambiental, avaliar eventos de riscos associados e perigosos para a região, realizar obras civis, entre outros.

Segundo Sobreira e Souza (2015), a cartografia geotécnica se consolidou no Brasil em 1980, através do desenvolvimento e aplicação de metodologias com diversos tipos de objetivos, enfoques e escalas de trabalhos nas pesquisas institucionais. Em conjunto com o desenvolvimento tecnológico do banco de dados em ambiente computacional, se incrementou o SIG, podendo a partir de então capturar, gerenciar, manipular e analisar um grande número de dados, advindos de diversas fontes, nas quais se tornou possível referencia-los espacialmente, reestruturando-os e apresentando soluções para problemas de gerenciamento e planejamento.

2.4 BANCO DE DADOS

O banco de dados é definido como uma coleção de dados inter-relacionados, onde representa informações sobre algum assunto específico, podendo ser elaborado toda vez em que seja possível agrupar informações que se relacionam e tratam de um mesmo assunto (KORTH; SILBERSCHATZ; SUDARSHAN, 1999).

De acordo com Rosa (2013) um registro composto por várias informações em forma de tabelas, onde cada informação é alocada em um campo de digitação é denominado um banco de dados.

Existem diversos tipos de banco de dados, como por exemplo: sequencial, hierárquico, rede, orientado a objetos e relacional. O que varia entre eles é a forma de armazenar os dados, então a sua escolha de modelo vai depender da necessidade do estudo que está sendo realizado.

2.5 GEOPROCESSAMENTO

Segundo Rodrigues (1993), o geoprocessamento pode ser considerado um conjunto de tecnologias que coleta, trata, manipula e apresenta as informações espaciais, de acordo com o objetivo do estudo.

Embrapa (2007) comenta que o geoprocessamento pode ser avaliado como uma influente ferramenta computacional, devido ao fato de conseguir processar dados geograficamente referenciados, e com isso tem sido importante no gerenciamento dos recursos naturais, soluções geográficas complexas, além de ser comumente aplicado pelos órgãos governamentais e entidades privadas.

Arcaya (2007) reporta que o devido ao fato do geoprocessamento possuir uma amostragem de dados mais simples e didática, o mesmo tem assumido um papel importante na análise das modificações ocorridas no meio ambiente.

Conforme Rosa (2013), as principais atividades envolvidas no geoprocessamento pode ser resumida no diagrama representado na Figura 7.

Figura 7 - Principais atividades envolvidas em Geoprocessamento.



Fonte: Rosa (2013).

2.6 SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG)

De acordo com Câmara et al. (1996), o SIG se diferencia dos demais sistemas de informações convencionais devido a sua capacidade de armazenar geometrias de diversos modelos de dados além dos atributos descritivos.

Ainda segundo o mesmo, são características principais do SIG:

- Inserir e integrar, na mesma base de dados informações espaciais advindas de dados cartográficos, cadastro rural e urbano e dados censitários, além de imagens de satélite, redes e modelos numéricos da área; e
- Proporcionar mecanismos que permitam que essas informações sejam combinadas e assim, com o uso de algoritmos de manipulação e análise, fornecendo assim conteúdos georreferenciados para a análise e impressão.

2.6.1 Programa Computacional QGIS

O *software* QGIS é um SIG de código aberto desenvolvido em 2002, e incubado pela fundação *Open Source Geospatial Foundation* – OSGeo em 2007. Nele é possível visualizar, gerir, analisar dados, editá-los, e desenvolver mapas para a impressão (FICARELLI, 2015).

Segundo a própria fundação do *software*, através do programa é permitido que o usuário produza mapas com diversas camadas e diferentes modelos de projeções, sendo possível compor mapas a partir de camadas *raster* ou vetoriais. Além disso, os dados de entrada também podem ser armazenados em forma de pontos, linhas ou polígonos.

2.6.2. Sistemas de Coordenadas

Segundo Silva (2008), para desenvolver um mapa no SIG é necessário adotar um sistema de coordenadas que será utilizado durante o desenvolvimento do trabalho, garantindo assim que todos os dados de entrada estejam com a sua origem no sistema de coordenadas fixado no mesmo local, mantendo então a compatibilidade de informações entre os diferentes atributos. Entre as coordenadas mais utilizadas estão o sistema de coordenadas planas (cartesianas) e o sistema de coordenadas geográficas (latitude e longitude).

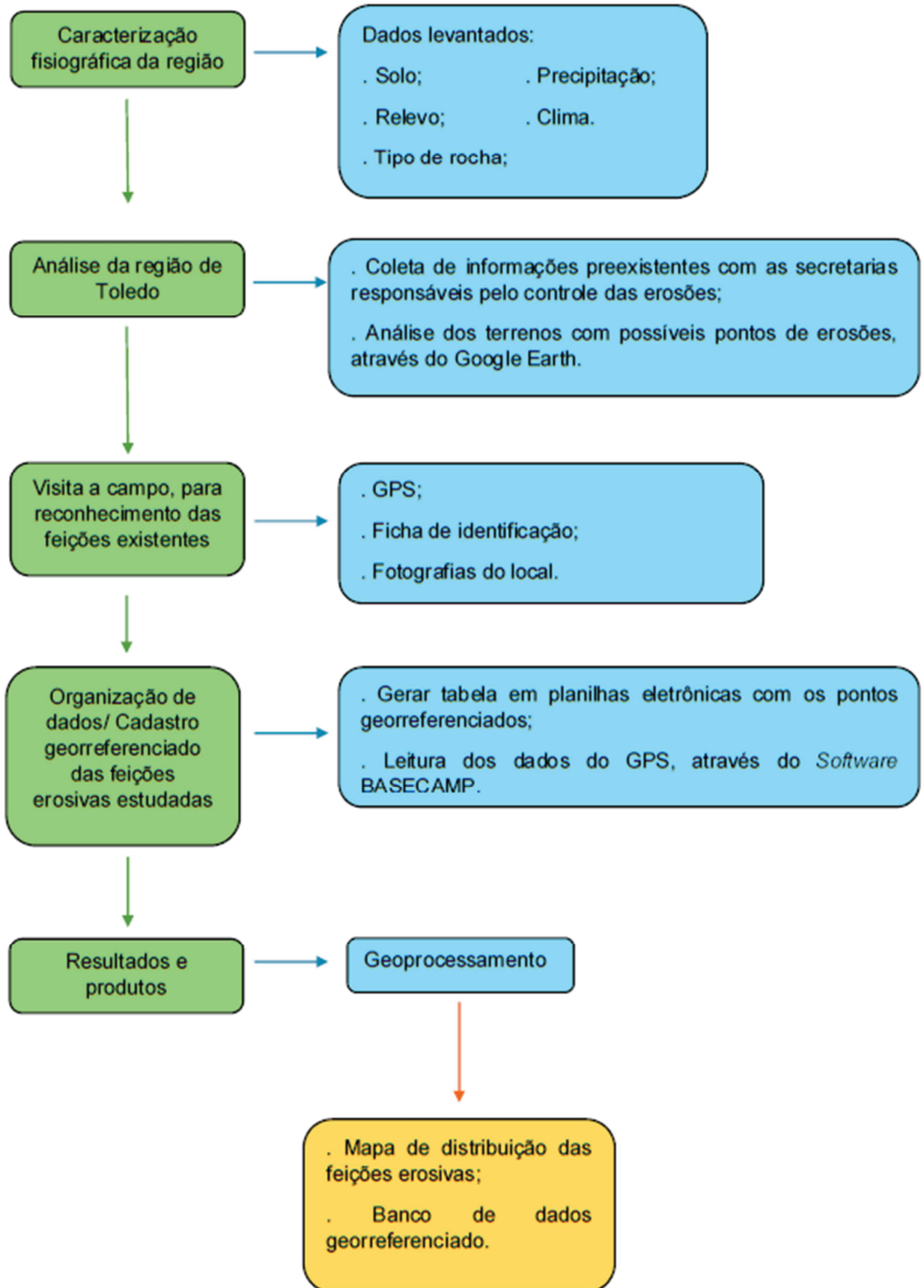
3 MATERIAIS E MÉTODOS

No desenvolvimento do trabalho foi necessário organizar os materiais e os métodos que seriam utilizados para que obtivéssemos um resultado satisfatório com a pesquisa.

Para isso, contamos inicialmente com a ajuda de alguns órgãos públicos, nos quais tem acompanhado eventos relacionados com os processos erosivos ocorridos no município de Toledo - PR, sendo eles a ADAPAR, a Secretaria de Infraestrutura Rural e a Secretaria de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Os mesmos forneceram algumas informações sobre os tipos de erosões que são mais evidentes atualmente em Toledo, e a ADAPAR disponibilizou coordenadas geográficas de alguns possíveis pontos (fornecidos por moradores que se localizam próximo da feição erosiva).

Deste modo, neste capítulo apresentam-se os materiais e métodos utilizados no decorrer da pesquisa, sendo divididos nas seguintes etapas: Caracterização fisiográfica da região, análise da região de Toledo- PR, visita a campo para reconhecimento das feições, organização de dados/ cadastro georreferenciado das feições erosivas estudadas e a elaboração do mapa de distribuição das feições erosivas juntamente com o banco de dados georreferenciado. Como pode ser visto na Figura 8.

Figura 8 - Fluxograma da estrutura da pesquisa.



Fonte: Autoria Própria (2018)

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A região de estudo foi o município de Toledo-PR (cujas coordenadas geográficas do ponto central são: 24°45' S e 53°42' W), pertencente à Região Oeste do Paraná, Figura 9, e situado no terceiro planalto paranaense, com uma altitude média de 560 metros acima do nível do mar. A cidade possui uma área territorial de 1.205,501 km² e população estimada de 119.313 habitantes (Toledo-PR, 2009; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2010).

Figura 9 - Localização do município de Toledo- PR em relação ao Brasil.



Fonte: Crestani (2014, apud Nogueira et al., 2016).

O relevo da região é considerado ligeiramente ondulado, próximo de plano ao centro, leste e norte, e um pouco mais acidentado a nordeste e sudoeste do município, onde seus declives variam entre 8 e 15%. O relevo local é considerado quase simétrico, devido a existência de quatro espigões paralelos, ou semiparalelos, que trabalham com os divisores de água, onde canalizam toda a precipitação local para contribuir com a bacia do Paraná e funcionar, conseqüentemente, como uma microbacia contribuinte do lago de ITAIPU (TOLEDO - PR, 2009).

Segundo Toledo (2009), o município de Toledo-PR se localiza sobre o terceiro planalto paranaense, uma região com derrames de basalto, e possui o solo é rico em óxido de ferro e classificado como latossolo vermelho distróférico.

Segundo Köppen (1993), o município possui um clima subtropical úmido mesotérmico, com variações de temperatura (ora quente ora frio com a presença de geadas). A concentração de chuva ocorre nos meses de verão, com precipitação média local de 1.800 mm e evapotranspiração de 950 mm, e não existe uma estação definida de seca.

3.2 RECONHECIMENTO DAS FEIÇÕES EROSIVAS

Para reconhecimento das feições erosivas no distrito e município de Toledo – PR, inicialmente foi utilizado as imagens e ferramentas do programa *Google Earth* do ano de 2017. Em seguida, com as coordenadas geográficas disponibilizadas pelos moradores da região de Toledo – PR para a ADAPAR, foi-se ao campo verificar a existência ou não das feições erosivas. Posteriormente, em escritório fez-se uma análise do que foi observado para em seguida dar continuidade ao trabalho.

3.2.1 Visitas de campo e *software BaseCamp*

Após analisar o que foi observado em campo para reconhecimento das feições erosivas, realizou-se outra visita de campo a fim de localizar precisamente as feições erosivas, pois os locais indicados pela população para a ADAPAR não apresentaram nenhuma erosão, porém foram utilizados como referência para obtenção das feições que foram localizadas. Para isso, utilizou-se um GPS da marca Garmin (GPSMAP 64sc), que apresenta como características: câmera de 8MP com focagem automática e receptor GPS/GLONASS, que possibilitou obter as coordenadas geográficas de cada uma das feições observadas.

Após o término das visitas de campo e com as coordenadas geográficas de cada feição erosiva identificada, utilizou-se o *software BaseCamp* para ler os dados obtidos do GPSMAP 64sc. Vale ressaltar que para fazer o trabalho de campo foi utilizado um veículo automotor, no qual percorreu-se 387 km, cujo objetivo foi facilitar a locomoção aos locais estudados (distritos e município de Toledo – PR). Além do veículo utilizou-se um celular LG K10 para registrar as feições erosivas.

3.3 FICHA DE IDENTIFICAÇÃO

Para anotar os dados obtidos em campo criou-se uma ficha de identificação, (Quadro 1) com as seguintes informações: data de reconhecimento das feições erosivas, coordenadas geográficas, região onde identificou-se as feições erosivas, o tipo de feição, suas características e imagens da mesma.

Com a ficha em mãos ficou mais fácil de manusear as informações adquiridas em campo, evitando possíveis perdas de informação caso deixasse para anotar as mesmas ao chegar no escritório.

Quadro 1 - Ficha de identificação das feições erosivas

FICHA DE IDENTIFICAÇÃO		
Nº DE IDENTIFICAÇÃO:		DATA:
COORDENADAS GEOGRAFICAS:		S W
ENDEREÇO:		
REGIÃO:		ALTITUDE:
URBANA	()	
ESTRADA	()	
DISTRITO	()	
RURAL	()	
TIPO DE EROSÃO:		
LAMINAR	()	
SULCOS	()	
RAVINAS	()	
VOÇOROCAS	()	
PIPING	()	
CARACTERÍSTICAS:		
IMAGENS:		

Fonte: Aatoria própria (2018).

3.4 ORGANIZAÇÃO DOS DADOS

Após percorrer alguns locais do distrito e município de Toledo-PR foram coletados 12 pontos de erosões a fim de elaborar um banco de dados.

O mesmo foi desenvolvido na planilha eletrônica. Para poder exportar os pontos de erosões com as devidas coordenadas para o *software* QGIS, foi necessário criar um outro banco de dados com as seguintes informações: ID, longitude e latitude, em arquivo *Comma-Separated Values* – CSV. Este outro documento foi gerado na própria planilha eletrônica, onde as informações foram agrupadas em arquivos de texto. Em seguida, pode-se exportar os devidos arquivos para o programa computacional QGIS.

3.5 MAPA ELABORADO NO SOFTWARE QGIS

Para elaborar o Mapa de feições erosivas utilizando o programa computacional QGIS, inicialmente foi necessário criar o projeto no QGIS versão 2.18, em escala 1:250.000, Datum SIRGAS 2000, projeção *Universal Transversa de Mercator* (UTM) e zona 22 S. Em seguida, acessou-se as plataformas digital do IBGE e o Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná – ITCG onde adquiriu-se os *Shapefiles* da região (limites dos distritos e municípios e estradas). Posteriormente, tornou-se necessário trazer os arquivos *Shapefiles* para dentro do programa computacional QGIS, onde para carregar esses arquivos foi indispensável adicionar uma camada vetorial, através do comando localizado na barra de ferramentas (adicionar camada vetorial). Assim que solicitado o comando, o programa apresentou uma interface permitindo importar o arquivo desejado.

Por fim, para inserir os 12 pontos (identificação e as coordenadas X e Y) contendo as feições erosivas (ravinas e sulcos) para dentro do programa computacional, foi necessário importar o arquivo no formato CSV. Para carregá-los precisou-se solicitar na barra de ferramentas a criação de uma nova camada, sendo essa através de um texto delimitado. Após solicitar o arquivo desejado na interface disponibilizada pelo programa foi possível verificar se os dados estavam corretos na área de pré- visualização. Como não ocorreu nenhum problema com os mesmos, os pontos foram automaticamente espacializados sobre as camadas vetoriais carregadas anteriormente, podendo assim realizar o estudo da região.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme a metodologia proposta será apresentados e discutidos neste capítulo os resultados da pesquisa. Inicialmente analisa-se as feições erosivas cadastradas, através de informações como: as suas características e localização. Posteriormente encontra-se o mapa de distribuição das feições erosivas, a fim de analisar a espacialização dos pontos, realizando-se então a comparação da localização das erosões com os trechos rodoviários e cursos d'água local. Apresenta-se também o banco de dados georreferenciado das feições erosivas cadastradas no município de Toledo – PR, e a comparação desses processos erosivos com os possíveis eventos naturais ocorridos na região nos últimos tempos (como a precipitação), a fim de identificar as possíveis causas dessas feições estarem ocorrendo, e propor soluções para as mesmas.

4.1 ANÁLISE DAS FICHAS DE IDENTIFICAÇÃO

Após realizar as visitas de campo para a coleta de informações sobre as feições erosivas, foi possível identificar que na região de Toledo - PR existem casos de erosões do tipo sulcos e ravinas bem distribuídos geograficamente. Para a pesquisa foram cadastradas doze feições erosivas, entre elas algumas com características similares, devido à falta de drenagem correta em todos os locais de estudo.

As informações obtidas no campo foram anotadas numa ficha de identificação, no qual permitiu-se organizar as informações de cada ponto cadastrado. As Figuras 10 a 21 mostram as fichas de identificação contendo a análise individual de cada feição erosiva cadastrada.

Como pode ser visto na Figura 10, a feição erosiva 01 é uma erosão linear (sulcos) com uma profundidade de 0,30 metros, no seu ponto mais profundo. Localizada entre a rodovia pavimentada, PR- 317 e regiões de plantio. Sua coordenada geográfica é 24° 45.039' S e 53° 48.917' W, próximo da Linha Sanga Funda, onde a altitude do local em análise é de 501 metros em relação ao nível do mar.

Foi possível verificar com a visita ao local que não existia uma drenagem no pavimento, e que a erosão estava alcançando o limite entre o solo e as camadas do pavimento, promovendo algumas pequenas patologias no local.

Figura 10 - Ficha de identificação: feição erosiva 01

FICHA DE IDENTIFICAÇÃO		
Nº DE IDENTIFICAÇÃO:	01	DATA: 04/07/2018
COORDENADAS GEOGRAFICAS: 24° 45.039' S 53° 48.917' W		
ENDEREÇO: PR- 317, estrada sentido Linha Sanga Funda		
REGIÃO:	ESTRADA	ALTITUDE: 501 m
TIPO DE EROSÃO: SULCOS		
CARACTERÍSTICAS:		
Formação de sulcos (erosão linear) devido à falta de drenagem no pavimento. Profundidade: 0,30 metros.		
IMAGENS:		
		

Fonte: Autoria própria (2018).

Observando a Figura 11, apresenta uma feição erosiva do tipo ravina, com uma profundidade de 3,0 metros. A mesma foi observada sob a PR- 317 em um ponto da rodovia pavimentada onde existe uma galeria de águas pluviais. Sua coordenada geográfica é 24° 45.034' S e 53° 48.582' W, e a altitude do local é de 475 metros em relação ao nível do mar.

Foi possível analisar que existia no local uma galeria para fazer o transpasse da água escoada para o outro lado da via, entretanto não havia uma estrutura que transportasse adequadamente esse volume de água escoada, e nos locais próximos à entrada e saída dessa galeria ocorriam os pontos mais profundos dessa ravina.

Figura 11 - Ficha de identificação: feição erosiva 02

FICHA DE IDENTIFICAÇÃO		
N° DE IDENTIFICAÇÃO:	02	DATA: 04/07/2018
COORDENADAS GEOGRAFICAS: 24° 45.034' S 53° 48.582' W		
ENDEREÇO: PR- 317, estrada sentido Linha Sanga Funda		
REGIÃO:	ESTRADA	ALTITUDE: 475 m
TIPO DE EROSÃO: RAVINAS		
CARACTERÍSTICAS:		
O local apresenta uma galeria de água pluvial. A mesma não apresenta estrutura adequada para recebimento e escoamento da água. Desta forma, tem formado ravinas (erosão linear) com profundidades de 3,0 metros.		
IMAGENS:		
		

Fonte: Autoria própria (2018).

Na Figura 12, encontra-se uma feição erosiva do tipo sulcos, com uma profundidade de 0,10 metros, no rastro deixado sobre o solo exposto. Localizada a $24^{\circ} 37.817'S$ e $53^{\circ} 55.670' W$, em área rural, entre uma atividade agrícola e uma rua de terra, situada no distrito de Dois irmãos (dentro do município de Toledo – PR), onde a altitude local é de 501 metros em relação ao nível do mar.

Foi possível analisar pela direção dos sulcos formados, que aquela feição é resultado do escoamento da água precipitada, sobre a rua de terra, onde a mesma aparenta ser bem compactada devido ao tráfego de veículos agrícolas e caminhões.

Figura 12 - Ficha de identificação: feição erosiva 03

FICHA DE IDENTIFICAÇÃO	
N° DE IDENTIFICAÇÃO:	03
DATA:	04/07/2018
COORDENADAS GEOGRAFICAS: $24^{\circ} 37.817' S$ $53^{\circ} 55.670' W$	
ENDEREÇO: Distrito 2 irmãos	
REGIÃO:	RURAL
ALTITUDE:	501 m
TIPO DE EROSÃO: SULCOS	
CARACTERÍSTICAS:	
Formação de sulcos nas proximidades da estrada de terra e ao longo da plantação de trigo. Profundidade: média de 0,10 metros.	
IMAGENS:	
	

Fonte: Autoria própria (2018).

A Figura 13 mostra uma feição erosiva do tipo sulcos e ravinas, devido à concentração do escoamento da água dos sulcos terem intensificado o processo erosivo, até chegar no estado de ravina. Através das imagens do local é possível identificar diversos sulcos com profundidades médias de 0,25 metros, escoando por um caminho preferencial que se tornou uma ravina onde a sua maior profundidade alcança 0,60 metros. A mesma foi encontrada no distrito Dois Irmãos, onde ao lado esquerdo da feição temos uma plantação, e ao lado direito encontra-se uma via com pedregulhos e algumas casas. Sua coordenada geográfica é 24° 37.228' S e 53° 55.557' W, e a altitude do local é de 519 metros em relação ao nível do mar.

Foi possível analisar em campo, que os sulcos eram formados em ambos os lados (plantação e via com pedregulhos), entretanto o número de sulcos ao lado direito era superior aos existentes ao lado esquerdo.

Figura 13 - Ficha de identificação: feição erosiva 04

FICHA DE IDENTIFICAÇÃO		
Nº DE IDENTIFICAÇÃO:	04	DATA: 04/07/2018
COORDENADAS GEOGRAFICAS: 24° 37.228' S 53° 55.557' W		
ENDEREÇO: Distrito Dois irmãos		
REGIÃO:	DISTRITO	ALTITUDE: 519 m
TIPO DE EROSIÃO: SULCOS E RAVINAS		
CARACTERÍSTICAS:		
Presença de sulcos e ravinas nas proximidades de áreas edificadas e plantações. O local não apresenta sistema de drenagem e verificou-se presença de resíduos de construção civil dentro dos sulcos. Profundidade: Sulcos: média de 0,25 metros; Ravina: 0,60 metros.		
IMAGENS:		
		

Fonte: Autoria própria (2018).

A Figura 14 representa uma feição erosiva do tipo ravinas, com profundidade de 1,0 metro. Localizada perpendicular à Rua do Livramento e paralela a uma plantação, no distrito de Vila Nova (no município de Toledo –PR). Sua coordenada geográfica é 24° 34.764' S e 53° 47.674' W, e a altitude do local é de 482 metros em relação ao nível do mar.

Foi possível verificar com a visita ao campo que a erosão quando próxima a via pavimentada possuía alguns resíduos da construção alocados provavelmente pelos moradores. Além disso, através do *Software Google Earth*, foi possível conhecer a extensão dessa feição, sendo esta de 202 metros.

Figura 14 - Ficha de identificação: feição erosiva 05

FICHA DE IDENTIFICAÇÃO		
Nº DE IDENTIFICAÇÃO:	05	DATA: 04/07/2018
COORDENADAS GEOGRAFICAS: 24° 34.764' S 53° 47.674' W		
ENDEREÇO: Rua do Livramento- Vila Nova		
REGIÃO:	ESTRADA	ALTITUDE: 482 m
TIPO DE EROSÃO: RAVINAS		
CARACTERÍSTICAS:		
Ravina formada perpendicular a Rua Livramento e paralela a uma plantação agrícola. Apresenta grande dimensão linear, de aproximadamente 1 metro de profundidade.		
IMAGENS:		
		

Fonte: Autoria própria (2018).

Na Figura 15, encontra-se uma feição erosiva inicialmente formada por sulcos de 0,40 metros e logo após é intensificada para uma ravina de 1,5 metros de profundidade e 1,0 metro de largura. A mesma encontra-se na rodovia federal BR 585, onde ao lado esquerdo da feição está localizada a rodovia e ao lado direito encontra-se uma mata fechada. Sua coordenada geográfica é 24° 46.800' S e 53° 45.844' W, e a altitude do local é de 477 metros em relação ao nível do mar.

Foi possível verificar que a rodovia até determinado trecho, possuía drenagem, no qual permitia o escoamento da água pluvial paralelamente a estrada, entretanto, a partir de um certo ponto a mesma não foi construída, e com isso a água que estava sendo drenada começou a escoar sobre o solo, dando início à sulcos. Sendo que ao lado dessa drenagem já existia uma outra erosão, em formato de ravina, provocada pelo escoamento da água da região de mata, os dois processos erosivos uniram-se, concentrando esse fluxo de água e aumentando consequentemente as dimensões dessa ravina.

Figura 15 - Ficha de identificação: feição erosiva 06

FICHA DE IDENTIFICAÇÃO	
Nº DE IDENTIFICAÇÃO:	06
DATA:	05/07/2018
COORDENADAS GEOGRAFICAS: 24° 46.800' S 53° 45.844' W	
ENDEREÇO: BR 585	
REGIÃO:	ESTRADA
ALTITUDE:	477 m
TIPO DE EROSÃO: SULCOS E RAVINAS	
CARACTERÍSTICAS:	
No local existe a presença de drenagem, entretanto a erosão acaba ocorrendo do mesmo modo, ao lado da estrutura hidráulica construída. A mesma drenagem é inexistente a partir de um determinado ponto, onde a água escoada acaba intensificando a erosão já existente, transformando os sulcos (0,40 metros de profundidade) em ravinas com até 1,5 metros de profundidade e largura de aproximadamente 1,0 metro.	
IMAGENS:	
	

Fonte: Autoria própria (2018).

Analisando a Figura 16, é composta por uma feição erosiva formada por sulcos com uma profundidade de 0,50 metros. Localizada na área rural, entre uma plantação e a Estrada Madarina. Sua coordenada geográfica é 24° 49.273' S e 53° 44.302' W, onde a altitude do local em análise é de 519 metros em relação ao nível do mar.

Foi possível analisar que esses sulcos foram formados, devido a ação da curva de nível local e da falta de drenagem da estrada. Além disso, como a erosão começou a se desenvolver entre o solo e a estrada, camadas da base e revestimentos do pavimento ficaram expostos ao ambiente, podendo sofrer ação do intemperismo.

Figura 16 - Ficha de identificação: feição erosiva 07

FICHA DE IDENTIFICAÇÃO	
Nº DE IDENTIFICAÇÃO:	07
DATA:	05/07/2018
COORDENADAS GEOGRAFICAS: 24° 49.273' S 53° 44.302' W	
ENDEREÇO: Estrada Madarina	
REGIÃO:	RURAL
ALTITUDE:	519 m
TIPO DE EROSIÃO: SULCOS	
CARACTERÍSTICAS:	
Formação de sulcos devido a ação da curva de nível e falta de drenagem local. Apresenta profundidade em torno de 0,50 metro.	
IMAGENS:	
	

Fonte: Aatoria própria (2018).

A Figura 17, retrata uma feição erosiva do tipo ravina, com profundidade de 1,0 metro. Encontrada entre a Estrada Madarina e uma plantação de milho. Sua coordenada geográfica é 24° 46.465' S e 53° 43.765' W, e a altitude do local é de 486 metros em relação ao nível do mar.

Foi possível analisar em campo, que a estrada nesse trecho não apresenta drenagem, e além disso a plantação de milho intensifica o processo erosivo através da água que escoar da plantação. Dentro da feição foi possível encontrar resíduos da construção civil.

Figura 17 - Ficha de identificação: feição erosiva 08

FICHA DE IDENTIFICAÇÃO	
N° DE IDENTIFICAÇÃO: 08	DATA: 05/07/2018
COORDENADAS GEOGRAFICAS: 24° 46.465' S 53° 43.765' W	
ENDEREÇO: Estrada Madarina	
REGIÃO: ESTRADA	ALTITUDE: 486 m
TIPO DE EROSÃO: RAVINAS	
CARACTERÍSTICAS: Formação de ravina com profundidade de 1,0 metro. O local não apresenta drenagem na estrada construída e na feição foi encontrado resíduo de construção civil.	
IMAGENS:	
	

Fonte: Autoria própria (2018).

Observando a Figura 18, encontra-se a feição erosiva 09, é formada inicialmente por sulcos de 0,15 metros e logo após é intensificada para uma ravina de 0,80 metros de profundidade. A mesma foi encontrada no Distrito de Bom Princípio, na rua Manuel Ribas, onde ao lado esquerdo da feição está localizada uma atividade rural e ao lado direito encontra-se a Rua Manuel Ribas. Sua coordenada geográfica é $24^{\circ} 46.140' S$ e $53^{\circ} 38.641' W$, e a altitude do local é de 598 metros em relação ao nível do mar.

Foi possível verificar que o processo erosivo no local existe a um bom tempo, devido a presença de vegetação na feição erosiva.

Figura 18 - Ficha de identificação: feição erosiva 09

FICHA DE IDENTIFICAÇÃO		
Nº DE IDENTIFICAÇÃO:	09	DATA: 05/07/2018
COORDENADAS GEOGRAFICAS: $24^{\circ} 46.140' S$ $53^{\circ} 38.641' W$		
ENDEREÇO: Rua Manuel Ribas- Bom Princípio		
REGIÃO:	DISTRITO	ALTITUDE: 598 m
TIPO DE EROSÃO: SULCOS E RAVINAS		
CARACTERÍSTICAS: Presença de sulcos e ravinas na proximidade da rua Manuel Ribas. Sulcos com profundidade de 0,15 metros. Ravinas encontradas no meio rural (presença de atividades agrícolas) com aproximadamente 0,80 metros de profundidade.		
IMAGENS:		
		

Fonte: Autoria própria (2018).

A Figura 19, é composta por uma feição erosiva do tipo ravina, com largura de 0,70 metros e profundidade de 1,0 metro. A mesma foi encontrada na rodovia estadual PR-317, onde ao lado esquerdo da feição está localizada uma plantação e ao lado direito encontra-se a rodovia. Sua coordenada geográfica é 24° 41.896' S e 53° 40.380' W, e a altitude do local é de 526 metros em relação ao nível do mar.

Foi possível analisar em campo que a estrada não apresenta um sistema de drenagem, podendo dessa forma, ser o fato influenciador dessa feição encontrada.

Figura 19 - Ficha de identificação: feição erosiva 10

FICHA DE IDENTIFICAÇÃO			
N° DE IDENTIFICAÇÃO:	10	DATA:	05/07/2018
COORDENADAS GEOGRAFICAS: 24° 41.896' S 53° 40.380' W			
ENDEREÇO: PR- 317, Rodovia sentido Assis Chateaubriand			
REGIÃO:	ESTRADA	ALTITUDE:	526 m
TIPO DE EROSIÃO: RAVINAS			
CARACTERÍSTICAS:			
Ravinas com largura de 0,70 metro e 1,0 metro de profundidade encontrada dentro de uma área de atividade agrícola. Percebeu-se que a estrada da proximidade não apresentava sistema de drenagem, o que provavelmente está influenciando na formação da feição encontrada.			
IMAGENS:			
			

Fonte: Autoria própria (2018).

Na Figura 20, observa-se uma feição erosiva formada por sulcos com uma profundidade de 0,10 metros. A mesma foi encontrada dentro do distrito de Ouro Preto, na Rua Riachuelo. Sua coordenada geográfica é 24° 40.734' S e 53° 36.932' W, onde a altitude do local em análise é de 577 metros em relação ao nível do mar.

Através de informações dadas por moradores da rua, essa feição erosiva já foi corrigida anteriormente, entretanto, com o tempo ela voltou a ser formada devido à falta de drenagem do local.

Figura 20 - Ficha de identificação: feição erosiva 11

FICHA DE IDENTIFICAÇÃO		
N° DE IDENTIFICAÇÃO:	11	DATA: 05/07/2018
COORDENADAS GEOGRAFICAS: 24° 40.734' S 53° 36.932' W		
ENDEREÇO: Rua Riachuelo - Ouro Preto		
REGIÃO:	DISTRITO	ALTITUDE: 577 m
TIPO DE EROSIÃO: SULCOS		
CARACTERÍSTICAS:		
Sulcos existentes a bastante tempo devido à falta de drenagem na rua. Segundo relatos de moradores os mesmos já foram corrigidos, porém com o passar do tempo acaba voltando. Profundidade: 0,10 metros.		
IMAGENS:		
		

Fonte: Autoria própria (2018).

A Figura 21, representa uma feição erosiva formada por sulcos com uma profundidade de 0,30 metros. A mesma foi encontrada na área do distrito de 10 de Maio, onde a feição está no limite da região de edificações e com as plantações. Sua coordenada geográfica é 24° 40.867' S e 53° 55.107' W, onde a altitude do local em análise é de 479 metros em relação ao nível do mar.

Foi possível notar que é um local com a presença de muitos pedregulhos, e os sulcos são formados entre a plantação e a Rua Boa Esperança.

Figura 21 - Ficha de identificação: feição erosiva 12

FICHA DE IDENTIFICAÇÃO			
N° DE IDENTIFICAÇÃO:	12	DATA:	05/07/2018
COORDENADAS GEOGRAFICAS: 24° 40.867' S 53° 55.107' W			
ENDEREÇO: Rua Boa esperança - 10 de Maio			
REGIÃO:	DISTRITO	ALTITUDE:	479 m
TIPO DE EROSIÃO: SULCOS			
CARACTERÍSTICAS:			
Formação de sulcos numa área de terreno pedregulhoso, nas proximidades de plantações e no limite entre a região de edificações do distrito com a região. Profundidade: 0,30 metros.			
IMAGENS:			
			

Fonte: Autoria própria (2018).

4.2 ANÁLISE QUANTITATIVA DAS FEIÇÕES EROSIVAS CADASTRADAS

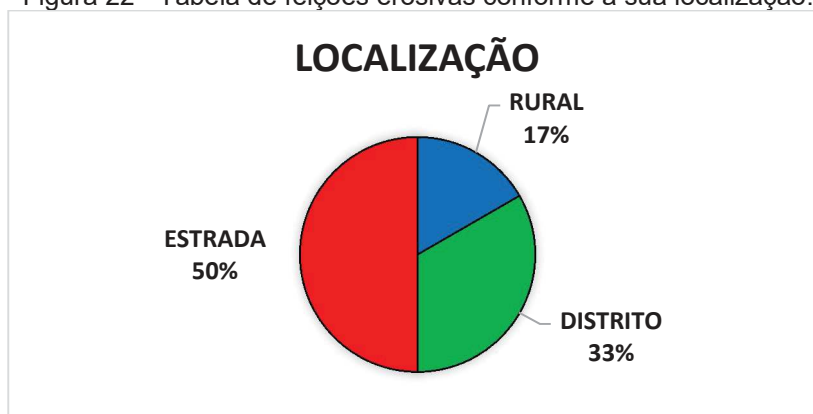
Após analisar os dados coletados foi possível compreender melhor os fatores que estão condicionando os processos erosivos no município de Toledo – PR. Desta forma, primeiramente, foi analisado a classificação das erosões, conforme as suas localizações (urbana, estrada, distrito ou rural), como pode ser visto no Quadro 2 e na Figura 22.

Quadro 2 - Classificação da feição erosiva conforme a sua localização.

LOCALIZAÇÃO	
Rural	2
Distrito	4
Estrada	6

Fonte: Autoria própria (2018).

Figura 22 - Tabela de feições erosivas conforme a sua localização.



Fonte: Autoria própria (2018).

Deste modo percebe-se que a maioria das feições erosivas encontradas na visita a campo estavam localizadas nas estradas devido à falta de drenagem das mesmas. Além disso, notou-se que na região urbana percorrida não foi encontrada nenhuma feição erosiva.

Foi possível analisar quantitativamente as feições erosivas cadastradas em sulcos e ravinas, sendo que em 3 casos (feição 4, 6 e 9) as feições foram cadastradas como possuindo sulcos e ravina, devido a intensificação do processo erosivo no local ter transformado os sulcos em ravina, ao longo do caminho de escoamento da água. Contando com esses fatos, foi possível coletar 8 erosões lineares em forma de sulcos (com até 0,50 metros de profundidade) e 7 em forma de

ravinas (acima de 0,50 metros até o limite com o lençol freático). Além disso, durante a pesquisa em campo, permitiu-se coletar informações com moradores locais, no qual disseram que muitas erosões pequenas, do tipo sulcos, foram corrigidas rapidamente antes do período de estudo, para que pudessem continuar o trabalho com o plantio de seus produtos. Sendo assim essas feições não puderam ser computadas no estudo.

Estudando separadamente os casos de sulcos e ravinas, temos que os sulcos foram identificados na região rural, nos distritos e nas estradas, conforme o

Quadro 3.

Quadro 3 - Quantidade de sulcos conforme a sua região cadastrada.

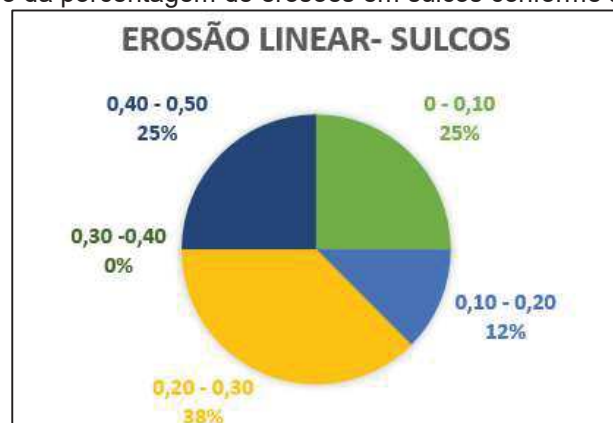
EROSÃO - SULCOS	
Rural	2
Distrito	3
Estradas	1

Fonte: Autoria própria (2018).

Pode-se notar que a maioria dos sulcos foram identificados dentro dos distritos, próximo das vias de acesso as casas dos moradores locais.

Na visita a campo foram coletadas as profundidades de cada feição cadastrada, sendo assim, foi possível gerar a Figura 23, onde mostra a distribuição de feições erosivas no formato de sulcos que foram encontradas conforme a sua profundidade.

Figura 23 - Gráfico da porcentagem de erosões em sulcos conforme a sua profundidade.



Fonte: Autoria própria (2018).

Como pode ser visto na figura acima, 38% (3 casos) das feições encontradas possuíam uma profundidade de 0,20 a 0,30 metros, considerando-se uma profundidade média para a feição em forma de sulcos, levando em consideração que a mesma é classificada como sulco até uma profundidade de 0,50 metros. Outro caso interessante são os 25% (2 casos) de feições com 0,40 a 0,50 metros de profundidade, isso mostra que essas estão no limite da sua classificação, deste modo se não corrigidas rapidamente podem ser intensificadas para a forma de ravina.

Realizando a mesma análise com as erosões em formato de ravina, temos que as mesmas foram encontradas nas regiões dos distritos e nas estradas, conforme o Quadro 4.

Quadro 4 - Quantidade de ravinas conforme a sua região cadastrada.

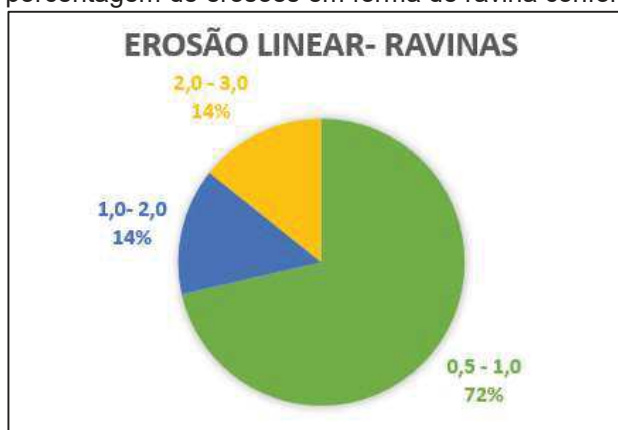
EROSÃO - RAVINAS	
Distrito	1
Estradas	5

Fonte: Autoria própria (2018).

Pode-se perceber que a maioria dos casos analisados de ravinas estavam nas estradas, como foi possível averiguar na visita a campo, e que este fato ocorria devido à falta de drenagem adequada para o local.

Além disso, as ravinas também tiveram suas profundidades medidas, conforme pode ser visto na Figura 24, que apresenta um gráfico em formato de pizza com as porcentagens de ocorrência de cada intervalo de profundidade.

Figura 24 - Gráfico da porcentagem de erosões em forma de ravina conforme a sua profundidade.



Fonte: Autoria própria (2018).

Como se observa na Figura 24, a maioria dos casos de ravinas estudados (72%) estão variando de 0,5 metros a 1,0 metro, o que mostra o início do estágio deste tipo de erosão, uma vez que uma ravina inicia-se em 0,5 metros, podendo chegar até o limite com o lençol freático. Entretanto deve-se lembrar que foram encontradas duas feições erosivas (feição 2 e 6) onde a profundidade era de 3,00 m e 1,50m, respectivamente, sendo as duas localizadas próximas a estradas, podendo trazer riscos aos usuários dessas vias, devido à instabilidade que o solo pode ter, além de promover outras consequências, como depósito de sedimentos nas faixa da estrada e alagamentos na região.

4.3 BANCO DE DADOS

O banco de dados georreferenciado foi organizado em forma de tabela a partir dos dados coletados em campo, a fim de possibilitar um melhor estudo das ocorrências dos processos erosivos que encontram-se na região de Toledo – PR. O mesmo foi construído por meio do cadastramento dos seguintes atributos: ID (número de identificação da feição), data (data de identificação da feição), latitude e longitude (no sistema de coordenadas geográficas SIRGAS2000), região (urbana, estrada, distrito ou rural), tipos_de_erosões (laminar, sulcos, ravinas, voçorocas ou *piping*) e altitude (m). O Quadro 5 mostra o banco de dados.

Quadro 5 - Banco de dados georreferenciado de feições erosivas.

COLETA DE DADOS						
ID	DATA	LATITUDE	LONGITUDE	REGIÃO	TIPOS_DE_EROSÕES	ALTITUDE [m]
1	04/07/2018	-53.8153	-24.7507	ESTRADA	SULCOS	501
2	04/07/2018	-53.8097	-24.7506	ESTRADA	RAVINAS	475
3	04/07/2018	-53.9278	-24.6303	RURAL	SULCOS	501
4	04/07/2018	-53.9259	-24.6205	DISTRITO	SULCOS E RAVINAS	519
5	04/07/2018	-53.7946	-24.5794	ESTRADA	RAVINAS	482
6	05/07/2018	-53.7664	-24.7800	ESTRADA	SULCOS E RAVINAS	477
7	05/07/2018	-53.7384	-24.8212	RURAL	SULCOS	519
8	05/07/2018	-53.7294	-24.7744	ESTRADA	RAVINAS	486
9	05/07/2018	-53.6440	-24.7690	DISTRITO	SULCOS E RAVINAS	598
10	05/07/2018	-53.6730	-24.6983	ESTRADA	RAVINAS	526
11	05/07/2018	-53.6155	-24.6789	DISTRITO	SULCOS	577
12	05/07/2018	-53.9184	-24.6811	DISTRITO	SULCOS	479

Fonte: Autoria própria (2018).

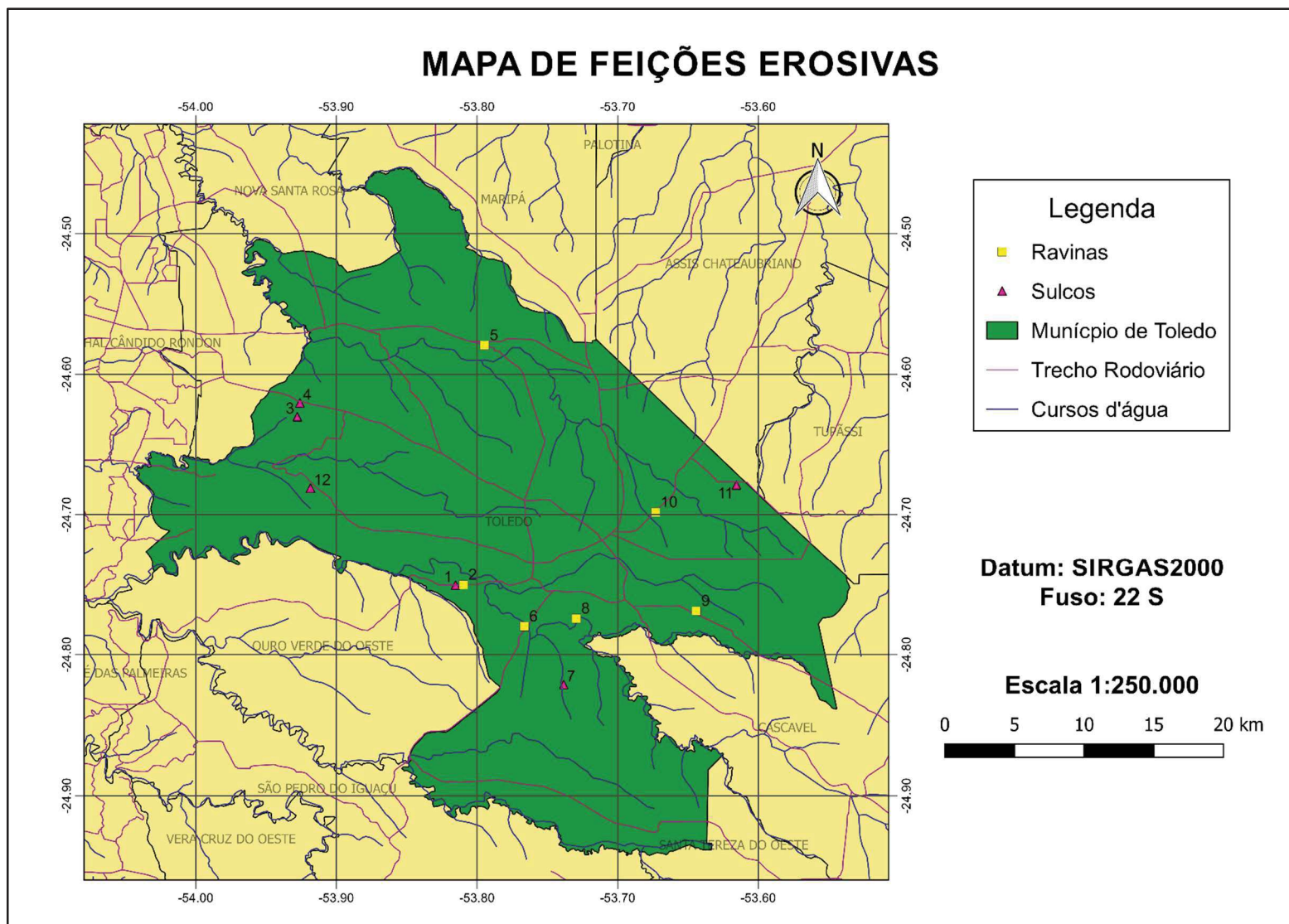
4.4 MAPA COM A LOCALIZAÇÃO DAS FEIÇÕES EROSIVAS

Com a elaboração do banco de dados georreferenciado foi possível elaborar um mapa de distribuição das feições erosivas, no qual utilizou-se o *Software* QGIS. No mapa foi lançado as estradas pavimentadas e os cursos d'água que passam por Toledo – PR (Figura 25), a fim de analisar a espacialização dos eventos cadastrados, comparar a sua localização com possíveis causas desses processos, além de analisar de forma mais clara, possíveis riscos que os produtos dessas erosões possam estar trazendo para a população e para o meio ambiente.

Por meio do mapa de feições erosivas pode-se notar que na maioria dos casos, as erosões encontram-se próximas a estradas (pavimentadas e não pavimentadas) e de cursos d'água. Isso se torna uma evidência de que o processo de urbanização da cidade e o crescimento da agricultura e pecuária estão influenciando nos cursos d'água e na qualidade do solo.

Essa influência ocorre através da construção de estradas sem a drenagem adequada e com a diminuição da permeabilidade do solo, potencializando então a ocorrência de processos erosivos. E com isso, temos a geração de sedimentos, nos quais podem ser carregados para os cursos d'água mais próximos, depositando essa carga de solo no fundo dos leitos e conseqüentemente diminuindo a capacidade de escoamento do canal, aumentando as chances de causar alagamentos, inundações e enchentes na região, podendo trazer danos a rotina e saúde da população.

Figura 25 - Mapa de distribuição das feições erosivas em escala 1:250.000.



4.5 IDENTIFICAÇÃO DAS POSSÍVEIS CAUSAS DE OCORRÊNCIA DOS PROCESSOS

Uma das propostas do trabalho era compreender quais fatores estão influenciando o surgimento das feições erosivas no município. Desta forma, foi necessário coletar dados pluviométricos do município de Toledo – PR dos últimos três anos (Totais mensais precipitados), pois a chuva é um dos fatores condicionantes para a formação de erosões. A coleta foi realizada por meio do site do Instituto Águas Paraná, onde o mesmo apresenta informações das estações pluviométricas distribuídas pela região, permitindo analisar como está disseminada a precipitação pelo município. E com esse estudo obtivemos a Tabela 1.

Tabela 1 - Totais mensais de precipitação no município de Toledo- PR

		Totais mensais de precipitação (mm)													
		Período: 2016 a 2018													
Código	Estação	Ano	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	Total
02453017	NOVA CONCORDIA	2016	208,0	304,9	124,8	66,1	250,0	62,8	79,6	235,9	54,6	216,1	235,7	100,3	1938,8
02453017	NOVA CONCORDIA	2017	131,5	143,1	158,9	247,7	140,9	67,9	0,0	86,7	86,7	484,5	281,1	147,8	1976,8
02453017	NOVA CONCORDIA	2018	253,1	228,7	205,1	58,2	54,5	87,2	-	-	-	-	-	-	-
02453027	BOM PRINCIPIO	2016	180,8	271,7	112,5	54,8	248,3	73,7	95,4	263,8	53,0	244,2	192,3	252,6	2043,1
02453027	BOM PRINCIPIO	2017	136,2	155,3	102,7	230,6	176,6	62,8	3,2	129,9	134,3	565,5	235,1	173,1	2105,3
02453027	BOM PRINCIPIO	2018	282,2	276,7	258,1	18,2	55,6	98,9	-	-	-	-	-	-	-
02453028	DOIS IRMÃOS	2016	200,0	282,0	96,0	76,8	279,7	76,9	31,9	314,0	71,3	223,3	183,1	125,5	1960,5
02453028	DOIS IRMÃOS	2017	180,7	178,1	146,5	268,5	186,5	68,6	0,4	111,5	66,1	497,4	249,9	242,5	2196,7
02453028	DOIS IRMÃOS	2018	303,2	309,6	298,0	46,5	51,8	82,6	-	-	-	-	-	-	-
02453059	TOLEDO	2016	383,0	297,9	102,9	55,1	244,6	84,3	57,9	238,1	48,3	255,2	259,1	184,0	2210,4
02453059	TOLEDO	2017	112,5	208,0	147,1	271,2	150,0	47,3	0,0	130,2	82,5	459,3	173,4	273,3	2054,8
02453059	TOLEDO	2018	270,9	230,2	245,6	3,0	41,9	83,3	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: AGUAS PARANÁ (2018)

Através de informações adquiridas pela ADAPAR, Secretaria de Infraestrutura Rural e Secretaria de Agricultura, Pecuária e Abastecimento, as erosões no município de Toledo – PR tiveram um crescimento no número de ocorrência a partir de outubro de 2017. Visto isso, foi destacado na tabela 1 as precipitações desse período, para que pudéssemos compará-las com os anos e meses anteriores.

A partir dessa análise, nota-se que nas quatro estações pluviométricas estudadas (Nova Concordia, Bom Princípio, Dois Irmãos e Toledo) obtiveram-se uma precipitação superior à série histórica dos totais anuais (1800 mm), e no mês de outubro a precipitação quase dobrou comparado com o ano anterior. Além disso, é possível observar que em julho foi um mês muito seco, onde a precipitação foi

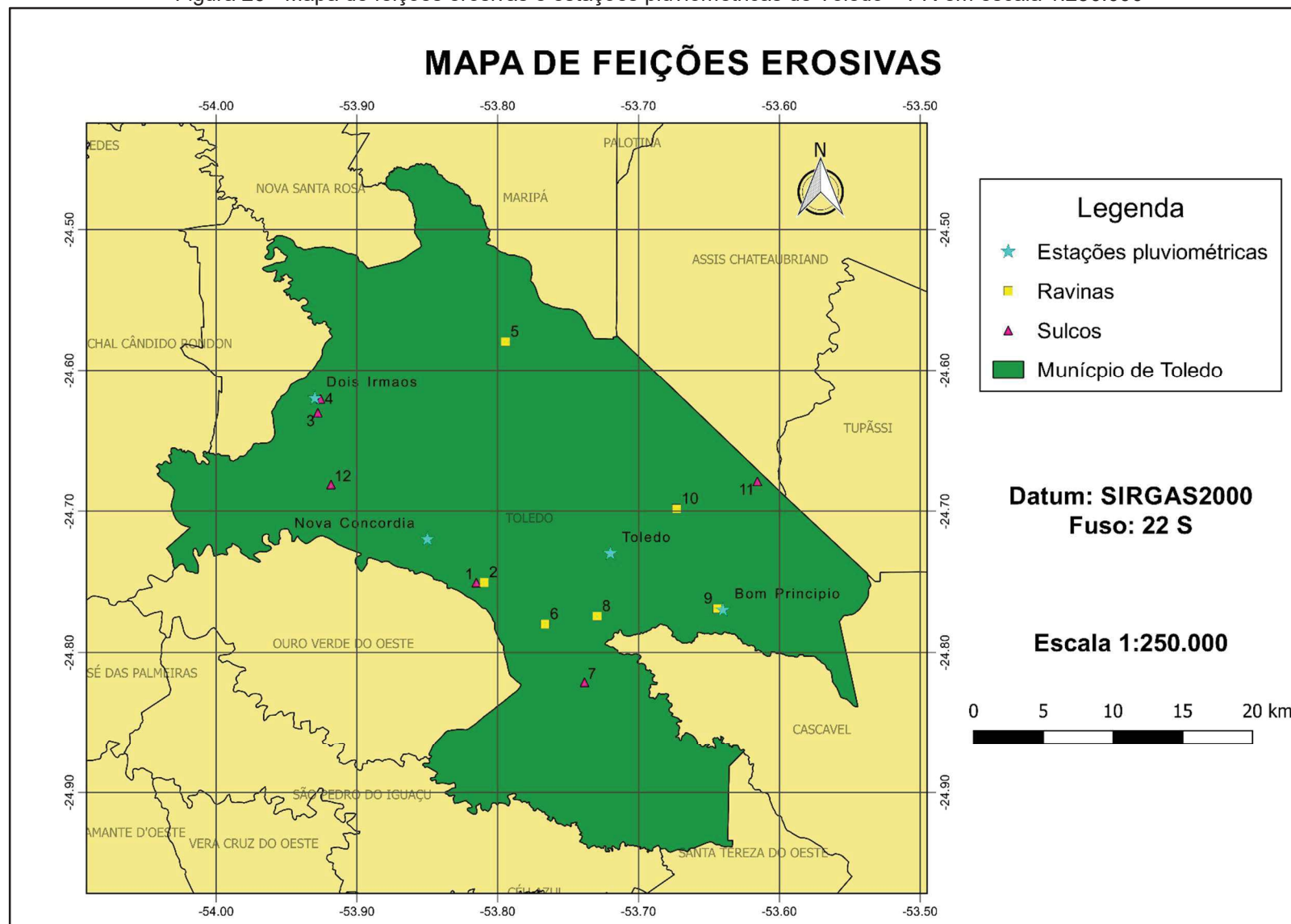
inferior que o analisado em 2016, e esse fator pode ser muito relevante para o estudo, pois o solo deveria estar com a sua umidade abaixo do normal, e com o grande volume precipitado no mês de outubro, provavelmente causou um enfraquecimento do mesmo devido a sua rápida saturação. Além disso, quando o solo fica seco ele possui uma maior facilidade de arranque na ação do salpico das gotas da chuva, como visto anteriormente, elevando as chances de ocorrer processo erosivo.

Para um melhor estudo desses dados fornecidos pelo Instituto das Águas Paraná, foram coletadas as coordenadas geográficas das estações pluviométricas, para comparar se as estações que obtiveram maiores índices precipitados, também formam as regiões com maiores casos de erosões cadastradas no banco de dados, e com isso obteve-se o mapa da Figura 26.

Percebe-se que a estação que registrou o maior índice precipitado em Toledo – PR, foi a de Dois Irmãos, e conforme o mapa, próximo dessa estação foram encontradas duas feições em forma de sulcos, além disso, próximo à estação de Bom Princípio foi coletado um ponto com feição erosiva do tipo ravina.

Entretanto, com a análise das outras estações, mostrou-se que essa precipitação foi bem dispersa por toda a região, sendo possível identificar as feições de forma bem espacializada pelo município de Toledo – PR, e devido ao fato de não existir uma drenagem adequada nas vias, esse grande volume precipitado causou erosão na maioria das rodovias e estradas que dão acesso as saídas da cidade e distritos para as outras regiões, como foi visto na Figura 25.

Figura 26 - Mapa de feições erosivas e estações pluviométricas de Toledo – PR em escala 1:250.000



Fonte: Autoria própria (2018).

4.6 POSSÍVEIS SOLUÇÕES PARA AS FEIÇÕES EROSIVAS ESTUDADAS

Cada feição tem a sua particularidade, entretanto pode-se notar que possivelmente todos os casos ocorreram por falta de drenagem adequada, sendo assim a melhor forma de solucionar esses casos é regularizar primeiramente o terreno que foi afetado, aterrando a feição de forma que ela fique bem compactada e não venha surgir novamente, e sobre esse aterramento dimensionar e construir corretamente a estrutura de drenagem correta.

Além disso, encontrou-se as feições que possuíam influência da água escoada das plantações, e para minimizar os efeitos desse escoamento é possível fazer a reposição da cobertura vegetal com palha de milho ou trigo, conforme o estudo feito por Braida e Cassol (1999), onde permite que a cobertura vegetal fique mais densa e aumente a profundidade da área permeável nessa região, diminuindo então o escoamento superficial.

5. CONCLUSÃO

Com a criação de um banco de dados georreferenciado e do mapeamento das feições erosivas encontradas, foi possível analisar a ocorrência dos processos erosivos na região. Além disso, o uso do SIG permitiu uma melhor visualização dos resultados, dando uma espacialização dos processos erosivos que estão ocorrendo na região e onde estão sendo mais predominantes.

A partir do banco de dados pôde-se gerar documentos que permitam a discussão sobre o planejamento urbano, investigação de fatores que estão provocando as feições erosivas, análise de possíveis causas de assoreamentos de leitos de rios, córregos e lagos, além de possibilitar seu uso como parte de um documento legislativo para uso e ocupação do solo.

Através da análise das feições cadastradas foi possível perceber que o município de Toledo – PR, não tem feito manutenções (adequação das drenagens) nas vias pavimentadas e não pavimentadas, o que está causando danos locais no solo e patologias no pavimento. No cadastramento, foram identificadas feições a beira das estradas e rodovias, que estavam começando a destruir as camadas do pavimento, e caso essas feições não sejam corrigidas rapidamente, podem afetar toda a estrutura da via, promovendo um grande gasto para a sua recuperação e não garantindo segurança aos veículos que passam pelo local.

Foram identificadas também duas feições onde estavam sendo depositados resíduos da construção civil, e com a deposição desses materiais, o problema que pertencia somente a infraestrutura do município, pode tornar-se ambiental e de saúde, pois esses locais quando recebem a água da chuva acabam deixando água parada e sendo local para a reprodução dos vetores de doenças.

Deste modo, nota-se a importância de realizar esse tipo de estudo, pois origina documentos que podem ser lidos e compreendidos de forma rápida e clara, permitindo as autoridades locais tomar as devidas providências, a fim de evitar problemas ambientais e a danos a população.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestão de propostas de continuidade desse trabalho de pesquisa, a fim de melhorar o conhecimento sobre as feições erosivas da região e dos fatores condicionantes que promovem as mesmas, apresentam-se alguns assuntos:

- Continuar a expansão do banco de dados gerados, a fim de enriquecer os resultados, como novas informações;
- Realizar um estudo nos cursos d'água na região, de modo que possa analisar se os processos erosivos estão causando assoreamento dos mesmos, e onde esses sedimentos estão sendo depositados;
- Elaborar um mapa de suscetibilidade a erosão do município de Toledo – PR;
- Calcular a perda de solo que ocorre na região; e
- Produzir mapas temporais sobre o uso e ocupação do solo de Toledo – PR.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUAS PARANA. **Totais mensais de precipitação (mm)**. Instituto Águas Paraná, 2018. Disponível em: < <http://www.aguasparana.pr.gov.br/pagina-264.html>>. Acessado em: 01 set. 2018.

ALMEIDA FILHO, G. S. Controle de erosão. **Fundações & Obras Geotécnicas**, v. 5, 2015, p. 66-77.

ALMEIDA FILHO, G. S. *et al.* CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21, 2001, João Pessoa. **Prevenção e controle da erosão urbana no estado de São Paulo**. Rio de Janeiro: Abes, 2001. 12 p.

ALVES, P.B.R., *et al.* Mapping of flood susceptibility in Campina Grande county – PB: a spatial multicriteria approach. **Bulletin of Geodetic Sciences**, Vol. 24, issue 1, 28-43, Jan-Mar, 2017.

AMORIM, D. G. A. *et al.* Avaliação de suscetibilidade à erosão e movimentação gravitacional de massa no Parque Estadual do Juquery, Franco da Rocha (SP). **Revista do Instituto de Geociências- USP**. Geol. USP, Sér. Cient., São Paulo, v 17, n. 2, 2017, p. 3-21.

ARCAYA, S. G. C. H. **Avaliação dos fatores condicionantes dos processos erosivos no Distrito Federal**. Dissertação de Mestrado, Publicação G.DM-156/07, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2007, 189p.

BRAIDA, J. A. e CASSOL, E. A. Relação da erosão em entressulcos com o tipo e com a quantidade de resíduo vegetal na superfície do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Minas Gerais, 23 ed, p. 711-721, 1999.

BRITO, A. O. **Estudo da erosão no ambiente urbano, visando planejamento e controle ambiental do Distrito Federal**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal. Publicação PPG EFL. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2012, 77p.

CÂMARA, G. *et al.* **SPRING**: integrating remote sensing and GIS by objectoriented Data modeling. National Institute for Space Research (INPE), Brazil. *J Computer & Graphics*, 1996, p. 395- 403.

CONCIANI, W. **Processos erosivos**: conceitos e ações de controle. Centro Federal de Educação Tecnológica de Mato Grosso- CEFET/MT, Cuiabá, Brasil, 2008, 148p.
CORREIA, C. Erosão. **Jornal Campo Aberto**, São Paulo, 2017. Disponível em: <<http://jornalcampoaberto.com/2017/10/erosao/>>. Acesso em: 27 mar. 2018.

CRIPIANI, H. N. Conservar o solo para reduzir prejuízos. **Canal Rural**, Rondônia, 2014. Disponível em: < <http://www.canalrural.com.br/noticias/agricultura/artigo-conservar-solo-para-reduzir-prejuizos-29726>>. Acesso em: 20 mar. 2018.

DAEE/IPT. **Controle de erosão**. Secretaria de Energia e Saneamento – Departamento de Águas e Energia Elétrica. São Paulo, 1990. 92p.

DEDECEK, R. A. **Coberturas permanentes do solo na erosão sob condições de cerrados**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA, Brasília, DF, 1989, p. 483-488.

DOMINGUES, E. N. *et al.* Tipologia e distribuição dos processos erosivos na microbacia do Ribeirão Água da Cachoeira, em Paraguaçu Paulista, SP. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Minas Gerais, 22 ed.,p. 141-149, 1998.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Introdução ao geoprocessamento: princípios básicos e aplicação**. Emília Hamada, Renata Ribeiro do Valle Gonçalves. – Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2007.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Controle dos Processos Erosivos Lineares (ravinas e voçorocas) em áreas de solos arenosos**. Jaguariúna, SP, 2011.

FICARELLI, T. R. de A. **7 motivos para você conhecer o QGIS, o Software livre que vem revolucionando o Geoprocessamento**. Graltec, 2015. Disponível em: < <http://graltec.com/7-motivos-para-voce-conhecer-o-qgis-o-software-livre-que-vem-revolucionando-o-geoprocessamento/>>. Acesso em: 12 set. 2018.

GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 12ª Ed. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, 2013, 474 p.

GUIDICINI, G. e NIEBLE, C. M. **Estabilidade de taludes naturais e de escavação**. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1984, 216 p.

HADLEY, R. F. *et al.* **Recent developments in erosion and sediment yield studies**. Technical documents in hidrology. International Hydrological Programme, UNESCO, Paris, 1985, 127 p.

INFANTI JUNIOR N.; FORNASARI FILHO, N. Processos de dinâmica superficial. In: OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A. (Ed.). **Geologia de engenharia**. São Paulo: ABGE, 1998. p. 131-152.

IPT. Orientações para o combate à erosão no Estado de São Paulo. Bacia do Peixe- Paranapanema. Vol. 6 (IPT, relatório, 24.739), (C.P; ME), São Paulo, SP, 1986.

IWASA, O. Y. e FENDRICH, R. **Controle da Erosão Urbana** – Geologia de Engenharia, Oliveira S. A. & Brito S. A. (eds.), Associação Brasileira de Geologia de Engenharia - ABGE, São Paulo, Brasil, 1998, p. 271-281.

KORTH, H. F.; SILBERSCHATZ, A.; SUDARSHAN, S. **Sistema de banco de dados.** 3. ed. São Paulo, SP: Makron Books, c1999-2006. xxii, 778 p.

LOMBARDI NETO, F.; PASTANA, F. I. **Relação Chuva- Perdas por erosão.** *Bragantia*, Campinas, v. 31, n. único, p. 227-234, 1972. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87051972000100019&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 24 mar. 2018.

NOGUEIRA, N. H. S. C. *et al.* **Conhecendo Toledo, o nosso município.** Secretaria Municipal da Educação de Toledo, Toledo, PR, 2016, 179 p.

PEREIRA, V. H. C. e CESTARO, L. A. Mapeamento de áreas potenciais à erosão laminar no município de Tibau do Sul/ RN, Brasil. **GEOAMBIENTE ON-LINE** - Revista Eletrônica do Curso de Geografia – UFG/REJ, Jataí, GO, 2015, p. 61-77.

Plano Municipal de Educação de Toledo-PR. Toledo, PR, 2009, 279 p.

RODRIGUES, M. **Anais da quarta conferência latino-americana sobre sistemas de informação geográfica/segundo simpósio brasileiro de geoprocessamento.** São Paulo: Epusp, 1993.

ROSA, R. **Introdução ao geoprocessamento.** Instituto de Geografia – Laboratório de Geoprocessamento, Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, MG, 2013, 142 p.

SALOMÃO, F.X.T. e ANTUNES, F.S. Solos. In: OLIVEIRA, A.M.S. & BRITO, S.N.A. (eds.). **Geologia de Engenharia.** Única. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE), 1998, cap. 6, p.87-99.

SALOMÃO, F. X. T.; CANIL, K.; RODRIGUES, S. P. Exemplo de aplicação da geologia de engenharia no controle preventivo e corretivo dos processos erosivos. **Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental.** São Paulo, Brasil, 2017, p. 39-56.

SENA, J. N. **O uso de sistema de informação geográfica na avaliação de diferentes alternativas de geração de cartas de suscetibilidade à erosão.** Dissertação (Mestrado) - Curso de Recursos Hídricos e Tecnologias

Ambientais, Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira, 2008, 83 p.

SILVA, D. F. da. **Mapeamento Geoestatístico dos Parâmetros NSPT e Torque Máximo de Solos em Parte da Bacia do Ribeirão Cambezinho em Londrina/Pr.** Tese (Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina/Pr. 2008.

SILVA, E. C. S. **Estudo regional para a avaliação da erosão laminar potencial na bacia hidrográfica do reservatório Corumbá IV.** Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Geotecnia, Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2009, 110 p.

SILVA, T. P. da. *et al.* **A influência de aspectos geológicos na erosão linear-médio- baixo vale do Ribeirão do Secretário, Paty do Alferes (RJ).** Geosul, Florianópolis, Santa Catarina, v. 18, n.36, 2003, p. 131-150.

SILVA, M. S. L. da. **Estudos da erosão.** Embrapa centro de pesquisa agropecuária do trópico sem l-árido - CPATSA Coordenadoria De Transferência De Tecnologia Agropecuária – CTTA. Petrolina, Pernambuco, 1995.

SILVEIRA, L. L. L. da. **Elaboração de carta de susceptibilidade à erosão das bacias dos Rios Araraquara e Cubatão- SP, escala 1:50.000.** Dissertação – Departamento de Geotecnia, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos, São Paulo, 2002, 187 p.

SOBREIRA, F. G.; SOUZA, L. A. A cartografia geotécnica no planejamento urbano. **Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental.** São Paulo, v. 2, p. 79-97, 2012.

SOUZA, N. C. *et al.* **Modelo de classificação de processos erosivos lineares a longo de ferrovias através de algoritmo de árvore de decisão e geotecnologias.** BCG- Boletim de Ciências Geodésicas. Curitiba, PR, 2017, v.23, nº1, p. 72-86.

SUGIMOTO, L. Por barragens mais seguras- Estudo desenvolvido na FEC determina 22 critérios para a avaliação de riscos. **Jornal da Unicamp.** Campinas, SP, SET/2014, p. 5.

UNESP. **Processo de dinâmica superficial: Erosão hídrica- Linear.** Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Câmpus de Rio Claro. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter08b.html>>. Acesso em: 30 mar. 2018.