



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Campus de Presidente Prudente

ARIANE APARECIDA SANTOS DA SILVA

ANÁLISE DE PROCESSOS EROSIVOS NO MUNICÍPIO DE ANHUMAS-SP
ATRAVÉS DO ESTUDO DO MODELO DE FRAGILIDADE AMBIENTAL

Presidente Prudente- SP

2018

ARIANE APARECIDA SANTOS DA SILVA

ANÁLISE DE PROCESSOS EROSIVOS NO MUNICÍPIO DE ANHUMAS-SP
ATRAVÉS DO ESTUDO DO MODELO DE FRAGILIDADE AMBIENTAL

Monografia apresentada ao Departamento de Geografia da Faculdade de Ciências e Tecnologia, Campus de Presidente Prudente, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, para obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Orientadora: Profa. Dra. Isabel Cristina Moroz Caccia Gouveia

PRESIDENTE PRUDENTE- SP

2018

Ariane Aparecida Santos da Silva

ANALISE DE PROCESSOS EROSIVOS NO MUNICÍPIO DE
ANHUMAS-SP ATRAVÉS DO ESTUDO DO MODELO DE FRAGILIDADE
AMBIENTAL

Monografia de bacharelado apresentada ao Conselho de Curso
do Departamento de Geografia da Faculdade de Ciências e
Tecnologia, Campus de Presidente Prudente, da Universidade
Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", para obtenção do
título de Bacharel em Geografia.

Banca Examinadora:

Profa. Dra. Isabel Cristina MorozCaccia Gouveia

Instituição: Departamento de Geografia da Faculdade de Ciências e Tecnologia,
Campus de Presidente Prudente, da Universidade Estadual Paulista "Júlio de
Mesquita Filho".

Assinatura:

Convidado 1 banca -: Alessandro Donaire de Santana

Instituição: Departamento de Geografia da Faculdade de Ciências e Tecnologia,
Campus de Presidente Prudente, da Universidade Estadual Paulista "Júlio de
Mesquita Filho".(Doutorando no Programa de Pós-Graduação – Geografia
FCT/UNESP).

Assinatura:

Convidado 2 banca - Ricardo dos Santos

Instituição: Departamento de Geografia da Faculdade de Ciências e Tecnologia,
Campus de Presidente Prudente, da Universidade Estadual Paulista "Júlio de
Mesquita Filho".(Doutorando no Programa de Pós-Graduação – Geografia
FCT/UNESP).

Assinatura:

Ricardo dos Santos

Dedico a realização do meu sonho de ingressar em uma universidade pública e a conclusão do curso de Geografia aos meus pais que não mediram esforços em me apoiar e me incentivar, sem vocês eu não teria conseguido.

Mãe- Lúcia e Pai-Dimas

Também dedico este trabalho a minha professora e orientadora Dra. Isabel Cristina Moroz Caccia Gouveia, obrigada pelo incentivo para a realização deste trabalho e por acreditar em mim quando eu mesma não acreditava, sempre serei grata a sua orientação.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus e a Nossa Senhora Aparecida por me protegerem e me darem forças nos momentos mais difíceis durante esses anos de graduação.

Aos meus pais pelo amor, paciência e incentivo.

A minha professora e orientadora Dra. Isabel Cristina Moroz Caccia Gouveia pelo incentivo, paciência e aprendizagem.

Aos meus amigos, obrigada pela paciência e incentivo.

Aos colegas que a FCT Unesp Presidente Prudente SP me permitiu conhecer (colegas de turma, colegas veteranos, colegas da pós-graduação e colegas de outros cursos).

Aos funcionários desta instituição.

Ao pessoal do laboratório de geologia, geomorfologia e recursos hídricos.

A todos os professores que fizeram parte da minha formação acadêmica.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo financiamento da pesquisa que deu origem a este trabalho.

À banca examinadora.

E a todos que fizeram parte desses anos de graduação e que contribuíram de forma direta ou indireta na realização deste trabalho.

Gratidão!

Resumo:

Com o aprimoramento tecnológico e aumento da população, o consumo vem aumentando e com ele a interferência do homem no ambiente. A geografia é uma ciência que estuda o ambiente e, em uma pesquisa a sua função é a elaboração de diagnósticos e prognósticos através do estudo das sociedades humanas e o modo como se apropriam dos recursos naturais. O modelo de fragilidade ambiental de Ross (1994) tem como objetivo identificar índices de fragilidade ambiental de uma área através da análise de variáveis relativas ao relevo, aos solos e ao uso e cobertura da terra. Na presente pesquisa, esse modelo foi aplicado para a obtenção de resultados relacionados aos processos erosivos no município de Anhumas-SP. O mapa de fragilidade ambiental produzido apontou a predominância de áreas com nível Forte de fragilidade ambiental e a análise individual das variáveis indicou que a ocorrência de processos erosivos lineares está mais relacionada aos usos e coberturas da terra tais como pastagens e plantio de cana, do que aos tipos de solos que ocorrem na área e às características do relevo.

Palavras Chave: Diagnóstico ambiental; Modelo de fragilidade ambiental; Mapa de fragilidade ambiental; Erosão linear; Anhumas-SP.

Abstract:

With the technological improvement and increase of the population, the consumption has been increasing and with him the interference of the man in the environment. Geography is a science that studies the environment and in a research its function is the elaboration of diagnoses and prognoses through the study of human societies and the way in which they appropriate the natural resources. The environmental fragility model of Ross (1994) aims to identify environmental fragility indexes of an area through the analysis of variables related to relief, land use and land cover. In the present research, this model was applied to obtain results related to erosive processes in the city of Anhumas-SP. The map of environmental fragility produced showed the predominance of areas with a strong level of environmental fragility and the individual analysis of the variables indicated that the occurrence of linear erosive processes is more related to land uses and coverages such as pasture and cane planting than the types of soils that occur in the area and the characteristics of the relief.

Key words: Environmental diagnosis; Model of environmental fragility; Map of environmental fragility; Linear erosion; Anhumas-SP.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da área de estudo na UGRH 22	3
Figura 2 – Mapa de criticidade dos municípios do estado de São Paulo quanto aos processos erosivos	7
Figura 3 - Mapa hipsométrico do município de Anhumas-SP	17
Figura 4 - Mapa clinográfico e níveis de fragilidade do município de Anhumas-SP.....	19
Figura 5 - Mapa de curvatura do terreno do município de Anhumas - SP.	22
Figura 6 - Mapa de fragilidade do relevo do município de Anhumas – SP	24
Figura 7 - Mapa dos tipos de solos do município de Anhumas – SP	26
Figura 8 – Mapa de Fragilidade Potencial.....	29
Figura 9 - Mapa do uso e cobertura da terra do município de Anhumas – SP	31
Figura 10 - Mapa de fragilidade ambiental do município de Anhumas – SP.....	33
Figura 11 – Processos erosivos lineares no município de Anhumas – SP	39
Figura 12 – Pontos de observação em campo	40
Figura 13 - Ponto 1. Vista geral	41
Figura 14 - Ponto 2. Vista geral.	42
Figura 15 - Ponto 3. Vista geral	43
Figura 16 - Intervenção em área de ravina através de obras para o controle de escoamento superficial. Vista da porção superior (montante) da ravina.....	43
Figura 17 - Intervenção em área de ravina através de obras de drenagem. Porção inferior da ravina (jusante).	44
Figura 18 - Ponto 4. Vista geral	45
Figura 19 - Ravina identificada em campo. Porção inicial.	45
Figura 20 - Ravina identificada em campo. Porção superior (montante).	46
Figura 21 - Em primeiro plano, a porção superior (montante) da ravina.....	46
Figura 22 - Ravina identificada em campo. Porção inferior (jusante).	47
Figura 23 – Área de pastagem no entorno da ravina	47
Figura 24 - Ponto 5. Vista Geral.....	48
Figura 25 - Voçoroca em área rural	49
Figura 26 - Ponto 6. Vista geral.	50

Figura 27 - Voçoroca em área rural	50
Figura 28 - Mapa de Fragilidade Potencial com a localização das feições erosivas identificadas no município de Anhumas – SP	52
Figura 29 - Mapa de fragilidade ambiental (emergente) com a localização das feições erosivas identificadas no município de Anhumas – SP	54
Figura 30 - Mapa de fragilidade do relevo com a localização das erosões identificadas no município de Anhumas – SP	57
Figura 31 Mapa dos tipos de solos com a localização das erosões identificadas no município de Anhumas – SP	59
Figura 32 - Mapa do uso e cobertura da terra com a localização das erosões identificadas no município de Anhumas – SP	62

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Distribuição das classes hipsométricas do município de Anhumas-SP.....	18
Gráfico 2 - Distribuição das classes de declividade do município de Anhumas-SP.....	20
Gráfico 3 - Distribuição das curvaturas do terreno do município de Anhumas-SP.....	23
Gráfico 4 - Distribuição das classes de fragilidade do relevo do município de Anhumas-SP	25
Gráfico 5 - Distribuição dos tipos de solos do município de Anhumas-SP.....	27
Gráfico 6 - Distribuição dos níveis de Fragilidade Potencial no município de Anhumas-SP.....	30
Gráfico 7 - Distribuição do uso e cobertura da terra do município de Anhumas-SP	32
Gráfico 8 - Distribuição das classes de fragilidade do ambiental do município de Anhumas-SP	34
Gráfico 9 - Distribuição das feições erosivas por classes de Fragilidade Potencial no município de Anhumas-SP.....	53
Gráfico 10 - Densidade de erosões em cada nível de Fragilidade Potencial.....	53
Gráfico 11 - Distribuição das feições erosivas por classes de fragilidade ambiental no município de Anhumas-SP.....	55
Gráfico 12 - Densidade de erosões em cada nível de Fragilidade Ambiental (Emergente).....	55
Gráfico 13 - Distribuição das feições erosivas nas classes de fragilidade do relevo no município de Anhumas-SP.....	58
Gráfico 14 Densidade de erosões em cada nível de fragilidade do relevo.	58

Gráfico 15 - Distribuição das feições erosivas nas classes de fragilidade dos solos no município de Anhumas-SP.....	60
Gráfico 16 - Densidade de erosões em cada tipo de solo e classe de fragilidade	61
Gráfico 17 - Distribuição das feições erosivas nas classes de uso e cobertura da terra no município de Anhumas-SP.....	63
Gráfico 18 - Densidade de erosões em cada classe de uso e cobertura da terra e nível de fragilidade.	63

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Processos erosivos dos municípios do Pontal do Paranapanema (UGRHI 22)	8
---	---

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classes de Declividades e níveis de fragilidade.....	13
Quadro 2 - Curvatura do terreno e níveis de fragilidade:.....	13
Quadro 3– Tipos de solos e níveis de fragilidade:.....	13
Quadro 4 - Uso e Cobertura da terra e níveis de fragilidade:	13

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CPTI - Centro de Pesquisa em Tecnologia de Inspeção

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FIBGE - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

GADIS - Grupo: Gestão Ambiental e Dinâmica Socioespacial

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IPT - Instituto de Pesquisas e Tecnológicas

MDE - Modelo Digital de Elevação

SiBCS - Sistema Brasileiro de Classificação Solos

UGRH - Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos

Sumário

CAPÍTULO I	1
1.1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	1
1.2 OBJETIVOS	2
OBJETIVO GERAL:	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	2
1.3 ÁREA DE ESTUDO	2
1.4. PROCESSOS EROSIVOS NO PONTAL DO PARANAPANEMA	5
CAPÍTULO II - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO- METODOLÓGICA	9
2.1. ABORDAGEM SISTÊMICA E EQUILÍBRIO DINÂMICO EM GEOGRAFIA FÍSICA	9
2.2. CONCEITO DE UNIDADES ECODINÂMICAS E O MODELO DE FRAGILIDADE AMBIENTAL	11
2.3. PROCEDIMENTOS DE ELABORAÇÃO DOS PRODUTOS CARTOGRÁFICOS E GRÁFICOS	14
CAPÍTULO III - RESULTADOS E DISCUSSÕES	17
3.1. ANÁLISE DOS PRODUTOS CARTOGRÁFICOS	17
CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66

CAPÍTULO I

1.1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Segundo Ross (1995) o aumento da população e o avanço tecnológico fez com que se produzisse mais, interferindo de forma negativa no ambiente, e por esse motivo tem se intensificado as pesquisas ambientais cuja finalidade é a proteção do ambiente e a exploração racional dos recursos naturais.

Ainda segundo Ross (1995) os geógrafos sempre fizeram estudos da natureza e da sociedade, porém, com focos e abordagens metodológicas diferentes. Nas análises ambientais se tem os mesmos princípios da geografia, cujo objetivo maior é entender as relações das sociedades humanas de um determinado território com o meio natural. Assim, a pesquisa ambiental na abordagem geográfica é fundamental para obter diagnósticos adequados e, a partir deles elaborar prognósticos, tendo como objeto de pesquisa as sociedades humanas com seus modos de produção, consumo e o modo como tratam a natureza e se apropriam de seus recursos.

Dentre os problemas ambientais destaca-se a erosão acelerada. De acordo com Carvalho (2006; Mendes, 2014) os processos erosivos constituem-se numa forma natural de modelagem do relevo e atuam de modo conjugado aos processos pedogenéticos, ou seja, sob condições naturais a modelagem do relevo e os processos pedogenéticos atuam equilibradamente havendo certa equivalência entre solo erodido e a quantidade produzida de solo, mas, quando não há esse equilíbrio natural acontece o que chamamos de erosão acelerada. Segundo Fendrich (1984) a erosão acelerada é definida como o aumento da taxa de erosão natural tendo como principal agente as atividades humanas, ou seja, a erosão acelerada nada mais é do que a quebra do equilíbrio do meio ambiente através da interferência antrópica.

Nesse sentido, a pesquisa tem como intuito entender os problemas ambientais presentes no município de Anhumas-SP com ênfase nos processos erosivos lineares, localizado na região do Pontal do Paranapanema na porção do Oeste Paulista, analisando o quadro e a incidência de processos erosivos no município e na região.

Assim, é de fundamental importância o estudo sobre o uso e ocupação da terra na região, que será analisado através de sua contextualização histórica tendo como objetivo a melhor compreensão desse fenômeno.

1.2 OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL:

A pesquisa tem como objetivo principal analisar o quadro e a incidência de processos erosivos lineares no município de Anhumas – SP por meio do modelo de fragilidade ambiental proposto por Ross (1994).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

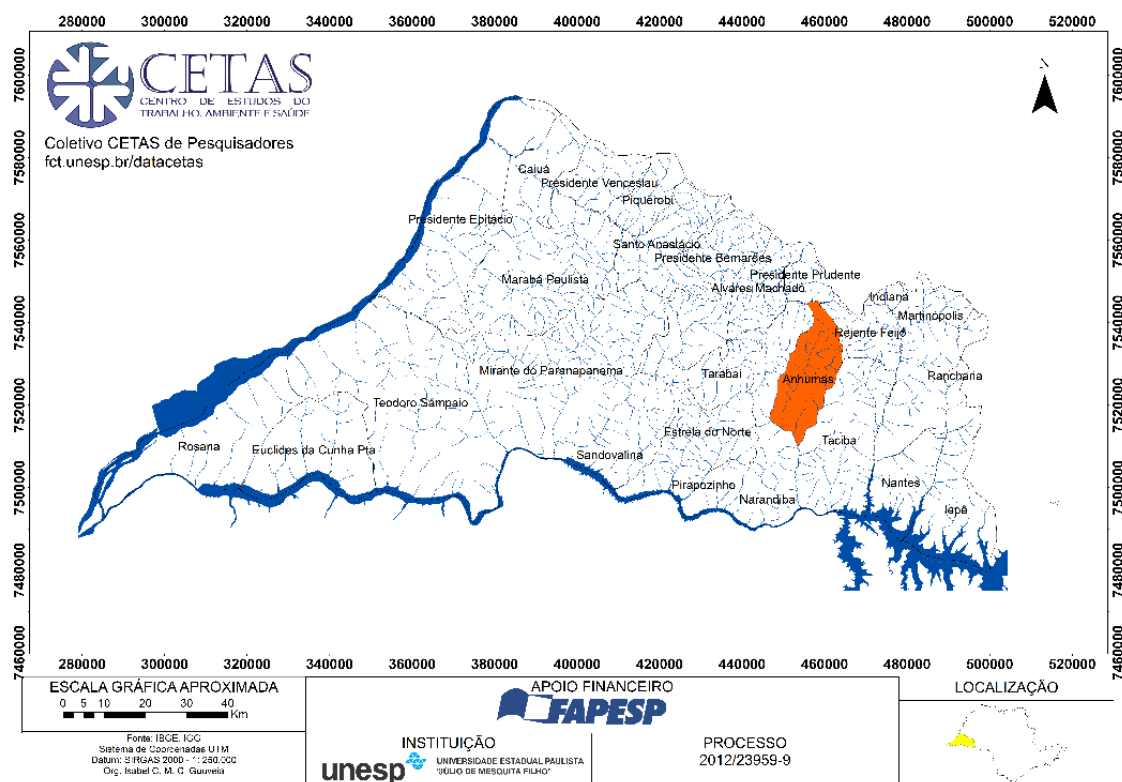
- Identificar as áreas do município mais propensas à erosão linear, a partir do mapa de Fragilidade Ambiental;
- Analisar quais os fatores do meio físico que promovem a incidência dos processos erosivos ao longo dos anos no município de Anhumas- SP; e
- Compreender como o uso e ocupação da terra contribui para o desencadeamento de processos erosivos.

1.3 ÁREA DE ESTUDO

Anhumas possui uma área de 321,7 km², inserida na 10^a Região Administrativa de Presidente Prudente - Oeste Paulista, possuindo uma população de 4.085 habitantes e, sendo limite dos seguintes municípios: Presidente Prudente, Regente Feijó, Taciba, Pirapozinho e Narandiba. (IBGE,2018; PERUSI, 2001).

O município está inserido integralmente na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 22 – Pontal do Paranapanema (Figura 1)

Figura 1 – Localização da área de estudo na UGRH 22



Na região do Pontal do Paranapanema há um predomínio de rochas sedimentares arenosas pertencentes ao Grupo Bauru, representado pelas Formações Adamantina, Santo Anastácio e Caiuá e os Depósitos Aluviais/ Sedimentos holocênicos, associados às principais drenagens (IPT, 2012).

De acordo com Ross e Moroz (1997) a região do Pontal do Paranapanema situa-se na unidade morfoescultural Planalto Centro Ocidental Paulista, da unidade morfoestrutural Bacia Sedimentar do Paraná. Segundo Oliveira (1999) os solos predominantes na região são os Argissolos Vermelho-amarelos distróficos e eutróficos abruptos ou não e, os Latossolos Vermelhos distróficos.

De acordo com a classificação do IPT (1981),

[...] o município de Anhumas possui colinas médias com predomínio de interflúvios com áreas de 1 a 4 km², topos aplainados, vertentes com perfis convexos a retilíneos e possui drenagem de média a baixa densidade, padrão sub-retangular, vales abertos a fechados, planícies aluviais restritas e presença eventual de lagoas perenes ou intermitentes. (PERUSI, 2001, p.33)

O uso e ocupação da terra na região atualmente destina-se em sua maior parte, à pastagens e culturas semi-perenes, sendo a cana de açúcar dominante nesta região (IPT, 1981).

A ocupação de Anhumas iniciou-se com a chegada de migrantes mineiros, com destaque para a família de Domingos Ferreira de Medeiros e de José Custódio Vêncio, atraídos pela extensão da Estrada de Ferro Sorocabana. O surgimento do povoado foi em 06 de agosto de 1922 e, até 1954 Anhumas era distrito de Presidente Prudente (ABREU, 1972).

Segundo Perusi (2001) O município de Anhumas teve sua história agrícola desenvolvida com características semelhantes a dos demais municípios do Oeste do Estado de São Paulo.

Por volta de 1850, José Teodoro de Souza, com a apropriação de centenas de alqueires de terra, foi considerado o primeiro desbravador da região do Pontal do Paranapanema. José Teodoro de Souza dividiu e distribuiu pequenos lotes para famílias que o acompanharam à região. Essa ação foi realizada com o objetivo de povoamento para que suas terras não fossem perdidas. Depois de pouco tempo, preocupados em explorar e negociar as terras, vieram para a região os “grileiros”, fazendo com que a região do Pontal do Paranapanema se tornasse palco de conflitos que se estendem até hoje (ABREU, 1972).

Segundo Sarquis (1996),

[...] no século XX, depois da penetração pioneira dos mineiros, o Oeste do Estado de São Paulo foi procurado pelos plantadores de café, em busca de terras férteis para o seu cultivo. A região Oeste do Estado de São Paulo ultrapassou mais de 60% da produção global do país, inserindo-se no comércio internacional do café. Este produto valorizou muito a região, e condicionou o surgimento de novas cidades. (p.23).
 [...] A agricultura sustentada principalmente pelo café atingiu o seu apogeu de 1930 a 1940 e seu declínio está relacionado com a má conservação dos solos, às geadas que dizimaram as plantações, à grande crise internacional da época e à concorrência com a produção de outros países. (PERUSI, 2001p.24).

Com a crise do café, foi implantada na região a cultura do algodão, favorecida pela expansão da indústria têxtil e pelo interesse do mercado internacional, além de ser uma cultura anual e por isso, o ciclo de produção é mais rápido, sendo vantajoso aos produtores (PERUSI, 2001)

Segundo Leite (1972),

a cultura do algodão, além de trazer grande influência nas novas divisões de terras na Alta Sorocabana, motivou a instalação de importantes indústrias de descaroçamento, geralmente estrangeiras. Mas, alguns fatores influenciaram na queda da produtividade como: preços pouco compensadores, gastos elevados com inseticidas devido as pragas que atacaram os algodões, fortes concorrências de outras lavouras, perda gradual da fertilidade do solo, ocorrendo assim, a partir de 1955, um decréscimo da produção. (PERUSI, 2001, p.24)

Com a queda da produção do algodão a partir da década de 1950, os agricultores passaram a se dedicar ao cultivo de amendoim. O amendoim passou a ser o principal produto na maioria dos municípios pois se adaptou aos solos da região, mas a cultura do amendoim agravou o quadro de erosão devido ao revolvimento da camada superficial do solo por ocasião das semeaduras (SARQUIS, 1996; PERUSI, 2001).

Segundo Perusi (2001), a pecuária, juntamente com a cultura do algodão, foi se tornando uma atividade importante na economia da região. Segundo SARQUIS (1996)

Com o passar dos anos, a agricultura passou a não dar mais o retorno financeiro esperado. Devido a este fator, os agricultores optaram por vender suas propriedades e buscar alternativas para a adquirirem sua renda. (PERUSI, 2001, p.25).

Segundo dados do FIBGE (1960) no município de Anhumas existiam 832 estabelecimentos de propriedades rurais, passando para 427 em 1995 e 1996, uma redução de quase 50% (LUPA – CATI/SAA (2008).

De acordo com Silveira (1977) e Perusi (2001) a diminuição do número de estabelecimentos e das áreas de produção se deu devido a degradação dos recursos naturais, sobretudo, os solos.

1.4. PROCESSOS EROSIVOS NO PONTAL DO PARANAPANEMA

Pruski (2006) aponta que as perdas de solo, em áreas ocupadas por lavouras e pastagens no Brasil, provocadas por processos erosivos, são da ordem de 822,7 milhões de toneladas anuais e os prejuízos com as perdas de nutrientes associadas são de aproximadamente 1,5 bilhões de dólares, além de

quase 3 bilhões de dólares em perdas na safra (reposição de nutrientes e queda de produtividade). Os custos dos impactos indiretos (tratamento da água, recuperação da capacidade de reservatórios, manutenção de estradas, recarga de aquíferos, irrigação, etc.) somam mais 1,31 bilhões de dólares anuais. Assim, estima-se que os prejuízos causados pela erosão no país sejam de mais de 5 bilhões de dólares/ano (PRUSKI, 2006; COOPER, 2009; TOMINAGA et al, 2009).

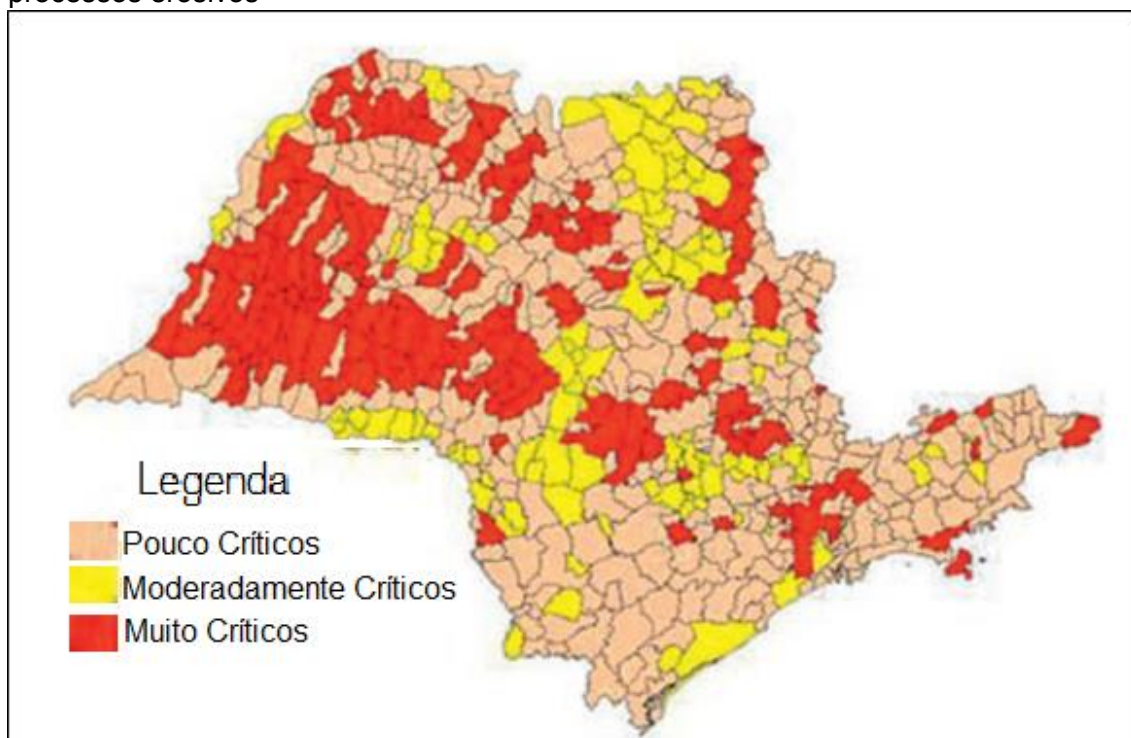
Segundo Tominaga et al. (2009), estudos de Castro (1991); Weill & Pires Neto (2007), estimaram as perdas de solo por erosão no Estado de São Paulo em aproximadamente 200 milhões de toneladas anuais.

No mapeamento realizado pelo IPT (2015) foram identificadas cerca de 1.398 processos erosivos lineares em áreas urbanas e 39.864 processos erosivos lineares em áreas rurais distribuídas em todo o Estado. As cidades de Bauru, Franca, Presidente Prudente, Marília e São José do Rio Preto se destacaram por apresentar erosões de grande porte (MODAELLI, et al, 2009).

Os dados do Relatório de Qualidade Ambiental do Estado de São Paulo de 2006 (SMA, 2007) apontaram que cerca de 28% dos municípios do Oeste Paulista apresentam alta gravidade quanto à ocorrência de processos erosivos.

A maioria dos municípios do Estado (55% do total) teve média gravidade e apenas 17% dos municípios paulistas (cerca de 110) foram considerados de baixa gravidade (Figura 2). Foram consideradas de alta criticidade as áreas que apresentam a maior parte das terras com alta suscetibilidade à erosão e onde se concentram também o maior número de feições erosivas lineares. Destacam-se como áreas críticas as Unidades de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (UGRHIs) Tietê-Jacaré, Tietê-Batalha, Turvo-Grande, São José dos Dourados, Aguapeí, Peixe, Pontal do Paranapanema e Piracicaba, Capivari/Jundiaí. (SMA, 2007; TOMINAGA et al. 2009). Observa-se que as áreas de maior criticidade se concentram na porção oeste do estado de São Paulo.

Figura 2 – Mapa de criticidade dos municípios do estado de São Paulo quanto aos processos erosivos



Fonte: SMA, 2007 *apud* TOMINAGA, 2009

De acordo com o IPT (1997, 2012) a Unidade de Gerenciamento dos Recursos Hídricos Pontal do Paranapanema (UGRHI 22) é uma região que possui alta suscetibilidade a erosão, sendo por esse motivo de fundamental importância a análise e estudo da ocorrência dos processos erosivos nessa região.

Para melhor análise do fenômeno erosivo, escolheu-se o município de Anhumas-SP como área de estudo, sendo este município um dos que possui maior número de ocorrências (por Km²) de erosão na região, conforme se observa na Tabela 1.

Tabela 1 - Processos erosivos dos municípios do Pontal do Paranapanema (UGRHI 22)

Municípios	Área (km ²)	Total Rurais	Total Urbanas	Total	Densidade de erosões
Estrela do Norte	268.207	254	8	262	0.965672
Santo Anastácio	419.995	310	1	311	0.740485
Piquerobi	200.039	136	0	136	0.614880
Álvares Machado	252.862	152	1	153	0.605077
Anhumas	320.136	178	6	185	0.577890
Regente Feijó	210.537	117	3	120	0.569971
Pres. Bernardes	525.364	272	5	277	0.523447
Marabá Paulista	915.524	371	2	373	0.411786
Pres. Venceslau	235.241	95	3	98	0.403841
Pirapozinho	493.495	171	8	179	0.346508
Mirante do Paranapanema	1251.86	399	4	403	0.320323
Tarabai	197.913	34	3	37	0.303164
Indiana	32.8078	9	2	11	0.274325
Pres. Prudente	114.355	26	26	52	0.253596
Narandiba	356.832	72	0	72	0.249417
Taciba	608.938	137	1	138	0.224982
Martinópolis	577.22	102	1	103	0.190569
Caiuá	268.204	44	0	44	0.167783
Sandovalina	441.79	64	0	64	0.153919
Pres. Epitácio	926.272	132	6	138	0.143586
Iepê	433.824	33	0	33	0.094508
Nantes	284.118	19	0	19	0.077433
Rosana	749.199	39	3	42	0.060064
Euclides Da Cunha	567.92	7	0	7	0.058107
Rancharia	135.917	3	0	3	0.02943
Teodoro Sampaio	1562.16	80	5	85	0.023045

Fonte: Instituto de Pesquisas e Tecnológicas, Relatório Técnico nº 131.057-205, 2012
 Organização: Moroz-Caccia Gouveia, I.C; Pimenta, J.P; Silva, A. A. S.

Os dados da Tabela 1 explicitam que os municípios de Estrela do Norte, Santo Anastácio, Álvares Machado, Piquerobi, Anhumas, Regente Feijó e Presidente Bernardes são os mais críticos, pois apresentam as maiores densidades de erosão, correspondendo a aproximadamente dois focos erosivos por Km².

CAPÍTULO II - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO- METODOLÓGICA

2.1. ABORDAGEM SISTÊMICA E EQUILÍBRIO DINÂMICO EM GEOGRAFIA FÍSICA

Segundo Christofolletti (1980) um sistema é definido como o conjunto dos elementos e das relações entre si e suas particularidades e na sua compreensão devem ser abordados aspectos importantes como a matéria, a energia e a estrutura. A Teoria Geral dos Sistemas foi inicialmente introduzida na Geografia Física e na Geomorfologia pelo Arthur N. Strahler (1950; 1952) e ampliada e discutida posteriormente em várias bibliografias, tendo como base essencial os trabalhos de John T. Hack (1960), Richard J. Chorley (1962) e Alan D. Howard (1965).

A totalidade dos sistemas que interessam a geomorfologia não atua de modo isolado, pois uma das principais dificuldades quando se conceituam os fenômenos como sistemas é identificar os elementos, seus atributos e suas relações e definir com clareza a extensão do sistema em foco. Sendo assim, a totalidade dos sistemas funcionam dentro de um ambiente que faz parte de um conjunto maior. O conjunto maior onde se encontra inserido o sistema particular pode ser definido como universo. Dentro do universo, com a finalidade de classificar, pode-se considerar os primeiros como sistemas antecedentes e os segundos como sistemas subsequentes e, através do mecanismo de retroalimentação (*feedback*), os sistemas subsequentes voltam a exercer influências sobre os antecedentes em uma perfeita interação entre o universo (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Os sistemas podem ser classificados de acordo com o critério funcional ou conforme a sua complexidade estrutural. Levando em consideração o critério funcional, Forster, Rapoport e Trucco (1957) discernem como tipos de sistemas: os sistemas isolados e os sistemas não-isolados subdivididos em fechados e abertos. Levando em consideração a complexidade estrutural, Chorley e Kennedy (1971) distinguem como tipos de sistemas: os sistemas morfológicos, os sistemas em sequência, os sistemas de processos-respostas e os sistemas controlados (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Segundo Strahler (1952) a análise geomorfológica deve ser realizada a partir de uma abordagem dinâmica baseada em sistemas abertos que tendem ao equilíbrio dinâmico e são autorregulados, pois, segundo Marques (1994), as noções de sistema aberto (importação e exportação de massa e energia) e de equilíbrio (um ajustamento contínuo entre o comportamento do processo e as formas resultantes) visto em diferentes escalas passaram a fazer parte da fundamentação da nova teoria do equilíbrio dinâmico.

Na teoria do equilíbrio dinâmico segundo Marques:

[...] o resultado do trabalho dos processos não é necessariamente o equilíbrio ao final de sua atuação, como postulava William Morris Davis. A aplicação conceitual do equilíbrio dinâmico nos estudos morfoclimáticos não levaria, necessariamente, também a uma homogeneidade de formas quando o relevo é submetido a um mesmo clima. As formas passam a representar o resultado contínuo de um ajuste entre o comportamento dos processos e o nível de resistência oferecido pelo material que está sendo trabalhado. As formas deixam de ser algo estático para serem também dinâmicas em suas tendências a um melhor ajuste em sintonia com o modo de atuação dos processos. Disso deriva que a atuação de um processo pode levar ao aparecimento de diferentes formas. Contribuições significativas no desenvolvimento e divulgação dessa teoria foram realizadas por Arthur Newell Strahler, Jonh Tilton Hack e Richard Jonh Chorley. (MARQUES, 1994, p 33)

Entre os autores que utilizam a abordagem sistêmica e o conceito de equilíbrio dinâmico na Geomorfologia destaca-se Tricart que em sua obra *Ecodinâmica* (1977) analisa o ambiente através da Teoria Geral dos Sistemas.

Segundo Moroz-Caccia Gouveia (2010), Tricart propõe que a paisagem, ou o meio ambiente sejam analisados pelo seu comportamento dinâmico, partindo do pressuposto de que na natureza as trocas de energia e matéria se dão através das relações de equilíbrio dinâmico. Contudo, o equilíbrio sofre constantemente intervenções antrópicas, fazendo com que ocorram desequilíbrios temporários ou permanentes.

2.2. CONCEITO DE UNIDADES ECODINÂMICAS E O MODELO DE FRAGILIDADE AMBIENTAL

Segundo Tricart (1977), o conceito de unidades ecodinâmicas é integrado no conceito de ecossistemas, baseado no instrumento lógico de sistemas, que enfoca as relações mútuas entre os diversos componentes da dinâmica e os fluxos de energia e matéria no meio ambiente. A utilização do instrumento lógico dos sistemas na análise ambiental permite identificar as modificações indiretas desencadeadas por uma intervenção. Essas intervenções afetam a cobertura vegetal que repercute na: energia da radiação que alcança o solo, queda de detritos vegetais na superfície do solo, na interceptação das precipitações e na proteção do solo contra ações eólicas e pluviais.

Ainda segundo Tricart (1977), existem três tipos de meios ecodinâmicos: meios estáveis, meios intergrades e os fortemente instáveis.

Os meios morfodinâmicos estáveis se encontram em regiões cujas condições são: cobertura vegetal fechada; dissecação moderada; ausência de manifestações vulcânicas e meios que não foram afetados por oscilações paleoclimáticas recentes. As relações complexas se estabelecem entre essas condições com mecanismos de compensação e auto-regulação. Nestas condições, prevalecem os processos pedogenéticos. Para manter a variedade de meios estáveis deve-se manter uma cobertura vegetal densa com efeitos equivalentes ao da cobertura vegetal natural (TRICART, 1977).

A exploração dos recursos naturais apresenta como consequência modificações do sistema morfogenético. Os meios intergrades nada mais são do que a passagem entre os meios estáveis e os meios instáveis. O que caracteriza esses meios é a interferência que a morfogênese e pedogênese exercem de maneira concorrente no mesmo espaço que estão inseridas. Os meios intergrades são delicados e suscetíveis a fenômenos de amplificação, transformando-se em meios instáveis (TRICART, 1977).

Nos meios fortemente instáveis a morfogênese é o elemento predominante e é o fator determinante do sistema natural ao qual os outros elementos estão subordinados. A geodinâmica interna intervém em muitos casos, principalmente no vulcanismo que tem efeitos mais imediatos do que os

das deformações tectônicas. A cobertura vegetal intervém indiretamente no clima (TRICART,1977).

As modalidades morfodinâmicas que levam a situações como por exemplo, o transporte de sedimentos, são variadas e nos oferecem a possibilidade de dividir os meios fortemente instáveis. Os fenômenos catastróficos destroem os solos preexistentes colocando em evidência materiais virgens de toda pedogênese. Quando os fenômenos catastróficos se repetem frequentemente em uma região, engendram um mosaico heterocrônico. Em seguida passa-se gradualmente aos fenômenos menos consideráveis, porém de maior frequência, como os ravinamentos generalizados, o escoamento superficial difuso que elimina os detritos mobilizáveis desde que são formados, a rocha sã que é mantida e permanece exposta (TRICART,1977).

Ross (1994) utiliza e aperfeiçoa esses conceitos afirmando que as Unidades Ecodinâmicas Instáveis ou de Instabilidade Emergente são aquelas que através da interferência humana, tiveram seu ambiente modificado e as Unidades Ecodinâmicas Estáveis ou de Instabilidade Potencial são aquelas que estão em equilíbrio dinâmico e sem interferência humana. Em sua proposta para a análise empírica da Fragilidade Ambiental, o autor propõe que ambas as unidades sejam classificadas em diferentes graus desde o mais fraco ao mais forte (TRICART,1977).

O autor indica que a análise da fragilidade ambiental é resultado da análise integrada de características do relevo (gênese, morfologia, morfometria e morfodinâmica), tipos de solo, litologia, cobertura vegetal, uso da terra e pluviometria, (ROSS, 1995, p.318):

A obtenção desses dados requer levantamentos de campo e serviços de gabinete, a partir dos quais geram-se produtos cartográficos temáticos de geomorfologia, geologia, pedologia, climatologia e uso da terra/vegetação.

Ross (1994) sugere que para escalas médias e pequenas (1:50.000, 1:100.000, 1:250.000 ou 1:500.000) seja utilizada como base de informação para a variável relevo os padrões de formas e índices de dissecação do relevo. Já para escalas de detalhe (1:25.000, 1:10.000, 1:5.000 ou 1:2.000) deve-se utilizar as formas de vertentes e as classes de declividades.

Ao longo da pesquisa, utilizamos como metodologia o modelo de fragilidade ambiental com apoio das classes de declividade de Ross (1994) e as formas de vertentes (mapa de curvatura do terreno).

As classes de declividade e as formas das vertentes podem ser hierarquizadas em cinco níveis de fragilidade, assim como as demais variáveis consideradas (Solos e Uso e Cobertura da Terra) nesse modelo, conforme apresentam-se a seguir.

Quadro 1 - Classes de Declividades e níveis de fragilidade

Classes de declividades	Níveis de fragilidade
Até 6%	1- Muito fraca
6-12%	2- Fraca
12-20%	3- Média
20-30%	4- Forte
Acima de 30%	5- Muito forte

Fonte: Ross (1994)

Quadro 2 - Curvatura do terreno e níveis de fragilidade:

Classes de curvatura	Níveis de fragilidade
Retilínea	3- Média
Convexa	4- Forte
Côncava	5- Muito forte

Fonte: Ferreira, Ferreira e Moroz-Caccia Gouveia (2016)

Quadro 3– Tipos de solos e níveis de fragilidade:

Tipos de solos	Níveis de fragilidade
Latossolos	1 – Fraca
Nitossolos	3 – Média
Argissolos	4 – Forte
Gleissolos	5 - Muito Forte face às inundações e instabilidade do terreno

Fonte: Ross (1994)

Quadro 4 - Uso e Cobertura da terra e níveis de fragilidade:

Classes de uso	Níveis de fragilidade
Cobertura florestal	1 - Muito Fraca
Silvicultura	2 - Fraca
Áreas urbanizadas	3 - Média
Cana	4 - Forte
Pastagem	4 - Forte
Cultura temporária	4 - Forte

Fonte: Ross (1994).

Nota-se que o objetivo desse modelo é o de diagnosticar uma determinada área e contribuir para o ordenamento territorial a fim de evitar os problemas ocasionados pela ocupação desordenada e/ou do uso indiscriminado de recursos naturais.

Através do uso dessa metodologia também é possível identificar quais as variáveis que podem ter contribuído mais significativamente para a ocorrência de erosões no município de Anhumas-SP.

2.3. PROCEDIMENTOS DE ELABORAÇÃO DOS PRODUTOS CARTOGRÁFICOS E GRÁFICOS

Para elaborar os produtos cartográficos intermediários utilizou-se o programa ArcGis 10.3¹, e os dados SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) disponibilizados pelo INPE Projeto TOPODATA (Banco de dados geomorfométricos do Brasil) > <http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php>.

Primeiramente foram baixados os arquivos correspondentes ao município de Anhumas-SP (SF 22 v d e SF 22 y b). Logo após baixar esses arquivos, com o uso do SIG – ArcGis efetuou-se o mosaico através dos seguintes passos: Arctoolbox Window > Data management tools> raster> raster dataset> mosaic to new raster e logo depois transformou-se o raster de 32 bits para 16 bits.

O segundo passo foi extrair a área correspondente ao município de Anhumas com a utilização da ferramenta extract by mask, com a finalidade de recortar o modelo a partir do shape da área do município obtido no site do IBGE. Com isso, obteve-se o MDE (Modelo Digital de Elevação) da área de estudo.

O terceiro passo foi tratar a imagem utilizando uma ferramenta para preencher ou cortar os pixels através dos seguintes passos: Spatial Analyst Tools> Hydrology> Fill. O Fill, ao preencher a superfície do raster remove pequenas imperfeições

¹ Licença disponível na FCT-UNESP

O próximo passo foi elaborar o mapa hispométrico utilizando o MDE da área de estudo, através dos seguintes passos: layer > propriedades> symbology> classified> color ramp.

Para a elaboração do mapa clinográfico, referente a declividade, utilizou-se o MDE da área de estudo, através dos seguintes passos: Arctoolbox> 3D analyst tools> raster surface> slope. Logo depois o produto cartográfico foi reclassificado de acordo com as classes de declividades de Ross (1994). A reclassificação se deu através dos seguintes passos: Spatial Analyst Tools > Reclass > Reclassify.

O mapa de curvatura do terreno foi gerado da seguinte forma: Spatial analyst tools> surface>curvature. E sua reclassificação se deu através dos seguintes passos: Ainda em properties>symbology>classified> 3 classes> classify> break values: -0.01, 0 e 0.01.

Para gerar o mapa de fragilidade do relevo foi preciso inserir os mapas clinográfico e o mapa de curvatura do terreno e realizar a análise ponderada através da ferramenta “weighted overlay” (Spatial Analyst Tools> Overlay). Na janela da ferramenta define-se quais os mapas que participarão do cruzamento e qual será o peso de suas classes e seu peso em relação aos outros mapas.

Na presente pesquisa considerou-se pesos iguais para os dois mapas.

Para obter o Mapa de Fragilidade Potencial, realizou-se a análise ponderada entre o Mapa de Fragilidade do Relevo e o Mapa de Tipos de Solos (CPTI, 1999). Nesse procedimento, também considerou-se pesos iguais para os dois mapas.

O último mapa foi o de Fragilidade Emergente ou Mapa de Fragilidade Ambiental. Para gerar este mapa foi preciso inserir os mapas de Fragilidade Potencial, e o mapa de uso e cobertura da terra (GADIS, 2012). Novamente, considerou-se pesos iguais para os dois mapas.

Conforme se observa, para a elaboração de um mapa de fragilidade ambiental é preciso inicialmente elaborar produtos cartográficos temáticos intermediários referentes ao relevo, aos solos, e, ao uso e cobertura da terra. Posteriormente, para cada uma das classes identificadas nos mapas temáticos são atribuídos níveis de fragilidade que variam entre Muito Fraca, Fraca, Média, Forte e Muito Forte, de acordo com as orientações de Ross (1994).

Outro produto cartográfico elaborado foi o mapa dos Processos erosivos lineares no município de Anhumas – SP. Para elaboração desse mapa foi feito o recorte do município de Anhumas-SP e foi inserido os dados do IPT, 2012 com as erosões lineares do município e, esses dados também foram inseridos nos mapas de Fragilidade do relevo, Tipos de solos, Uso e cobertura da terra, Fragilidade Potencial e Fragilidade Ambiental (Emergente) com o objetivo de localizar as erosões presentes no município.

Os gráficos de porcentagem elaborados dos mapas de: Hipsometria, Clinográfico, Curvatura do terreno, Fragilidade do relevo, Tipos de solos, Uso e cobertura da terra, Fragilidade Potencial e Fragilidade Ambiental (Emergente) foram retirados dos dados gerados no programa ArcGis 10.3 e extraídos através da ferramenta Conversion Tools > Excel> Excel To Table do ArcGis 10.3. Logo após de extraí os dados usou-se o programa Excel para a elaboração dos gráficos de pizza em porcentagem.

Os gráficos das densidades de erosões dos mapas de Fragilidade do relevo, Tipos de solos, Uso e cobertura da terra, Fragilidade Potencial e Fragilidade Ambiental (Emergente) também foram retirados dos dados gerados no programa ArcGis 10.3 e extraídos através da ferramenta Conversion Tools > Excel> Excel To Table do ArcGis 10.3 mas, para a elaboração desses gráficos foi preciso antes fazer a intersecção entre os dados IPT, 2012 relacionados as erosões lineares do município de Anhumas-SP com os dados da Fragilidade do relevo, Tipos de solos, Uso e cobertura da terra, Fragilidade Potencial e Fragilidade Ambiental (Emergente). Logo após de extraí os dados usou-se o programa Excel para trabalhar os dados e chegar na densidade de erosões (área da classe dividido pela quantidade de erosões) e, no mesmo Excel foi elaborado os gráficos em barras com a inserção da linha de tendência.

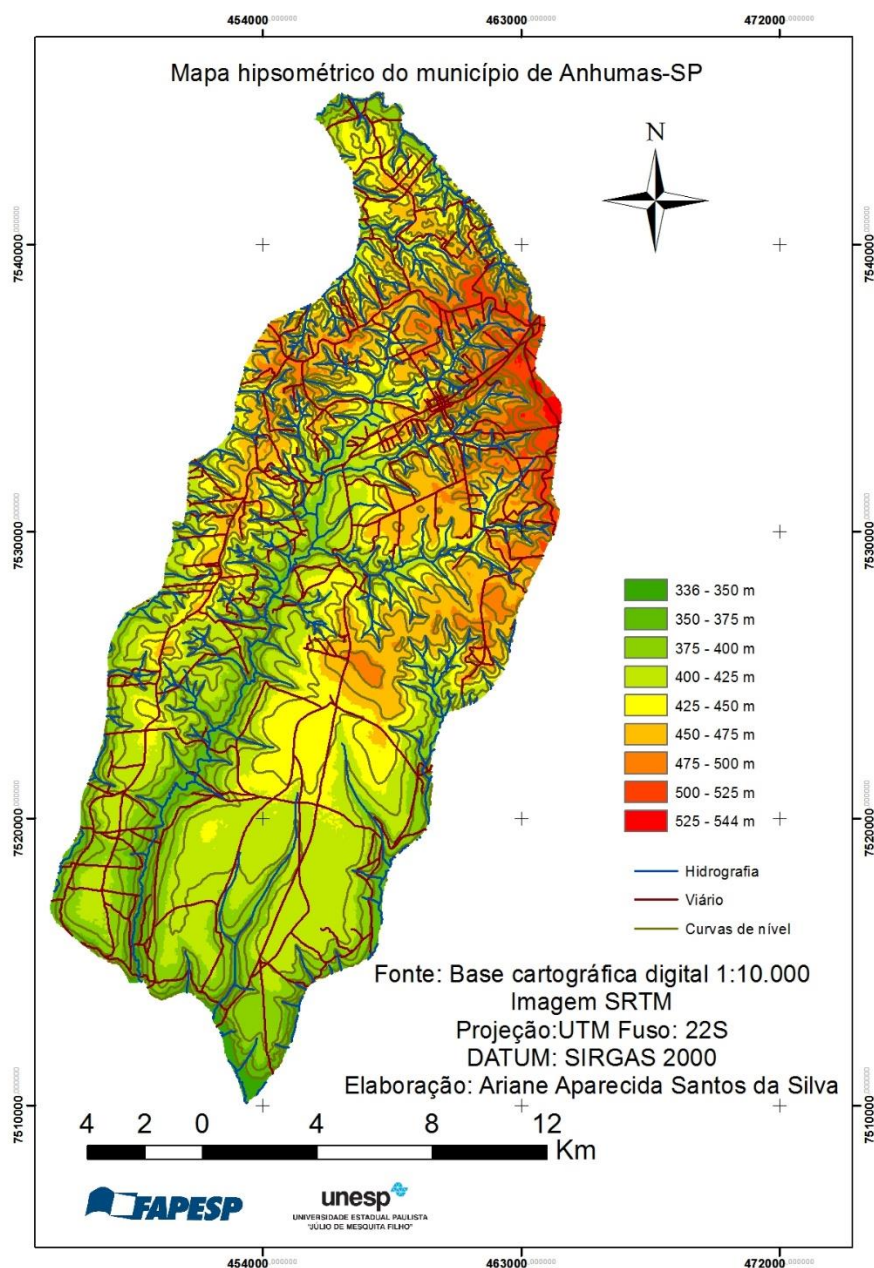
CAPITULO III - RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. ANÁLISE DOS PRODUTOS CARTOGRÁFICOS

A seguir, apresentam-se os mapas elaborados na pesquisa.

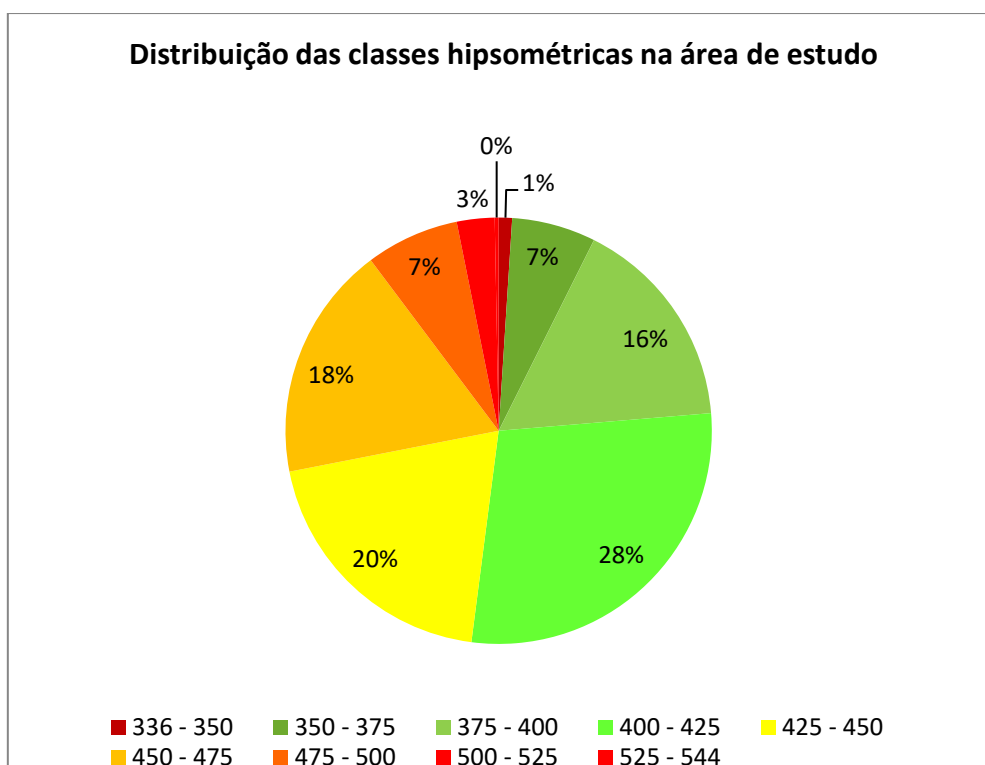
A figura 3 representa o mapa hipsométrico do município de Anhumas-SP. De acordo com a análise do SIG a altimetria da área de estudo varia de 336 a 544 metros. No gráfico 1, pode-se perceber que as altitudes que predominam no município de Anhumas-SP estão entre 400 a 425 metros.

Figura 3 - Mapa hipsométrico do município de Anhumas-SP



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Gráfico 1 - Distribuição das classes hipsométricas do município de Anhumas-SP



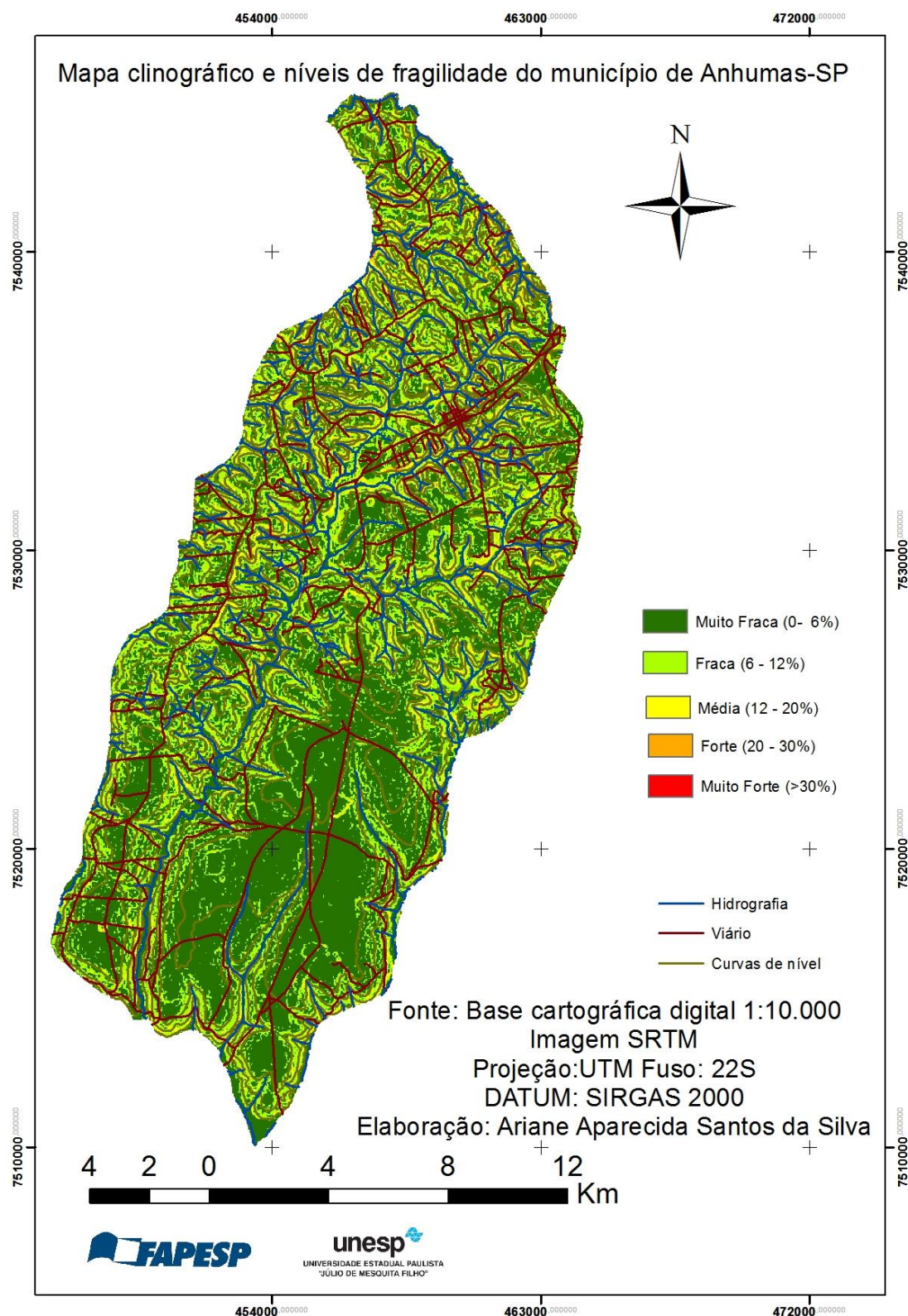
Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

A figura 4 corresponde ao mapa clinográfico do município de Anhumas-SP. A declividade é uma importante informação morfométrica que, associada às informações morfológicas, compõem a variável relevo.

As classes de declividade podem ser hierarquizadas em cinco níveis de fragilidade: Muito fraco (de 0% a 6%), Fraco (de 6% a 12%), Médio (de 12% a 20%), Forte (de 20% a 30%), Muito Forte (30% acima), conforme sugere Ross (1994).

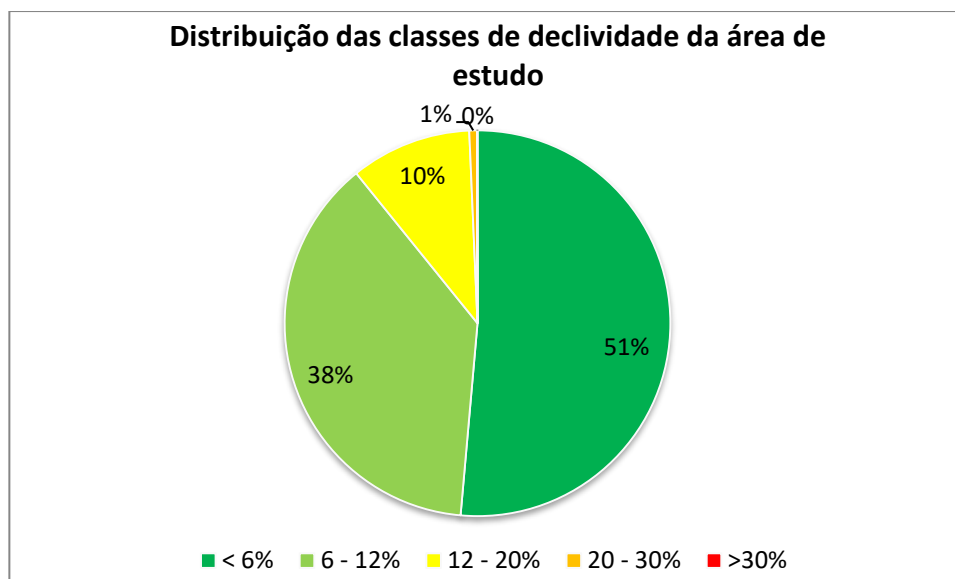
Na figura 4 e no gráfico 2 estão representadas as distribuições das classes de declividade da área de estudo. Observa-se a predominância de áreas classificadas como Muito fraca (abaixo ou até 6%).

Figura 4 - Mapa clinográfico e níveis de fragilidade do município de Anhumas-SP.



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Gráfico 2 - Distribuição das classes de declividade do município de Anhumas-SP.



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Alguns tipos de feições geomorfológicas são consideradas unidades básicas do relevo e fundamentais para explicar o desenvolvimento das paisagens. As vertentes, que são definidas como planos de declives que divergem a partir das cristas enquadrando o vale (GUERRA, 1993) também podem ser descritas, de maneira mais simples, como um elemento da superfície terrestre inclinado em relação a horizontal, que apresenta um gradiente e uma orientação no espaço (VELOSO, 2002), e dessa forma podem ser classificadas de acordo com a sua curvatura no plano ou em perfil.

A taxa de variação da declividade na direção ortogonal à orientação da vertente referente ao caráter divergente e convergente do terreno é a curvatura do plano. Já a curvatura no perfil é a taxa de variação da declividade na direção de sua orientação está relacionada ao caráter convexo e côncavo do terreno, sendo decisiva na aceleração ou desaceleração do fluxo da água sobre o terreno (VELOSO, 2002; VALERIANO, 2003)

Segundo Valeriano (2003) a classificação das vertentes em relação ao perfil é analisada de acordo com seu valor de curvatura. Vertentes retilíneas têm valores nulos, vertentes côncavas tem valores positivos e vertentes convexas tem valores negativos. Porém, vertentes com valores nulos são muito raras na natureza, assim muito pouco do que se julga retilíneo apresenta valor de curvatura realmente nulo. Ou seja, nas vertentes côncavas

ocorre a redução do ângulo da vertente, nas vertentes convexas ocorre o aumento do ângulo da vertente e nas vertentes retilíneas o ângulo da vertente se mantém de forma plana.

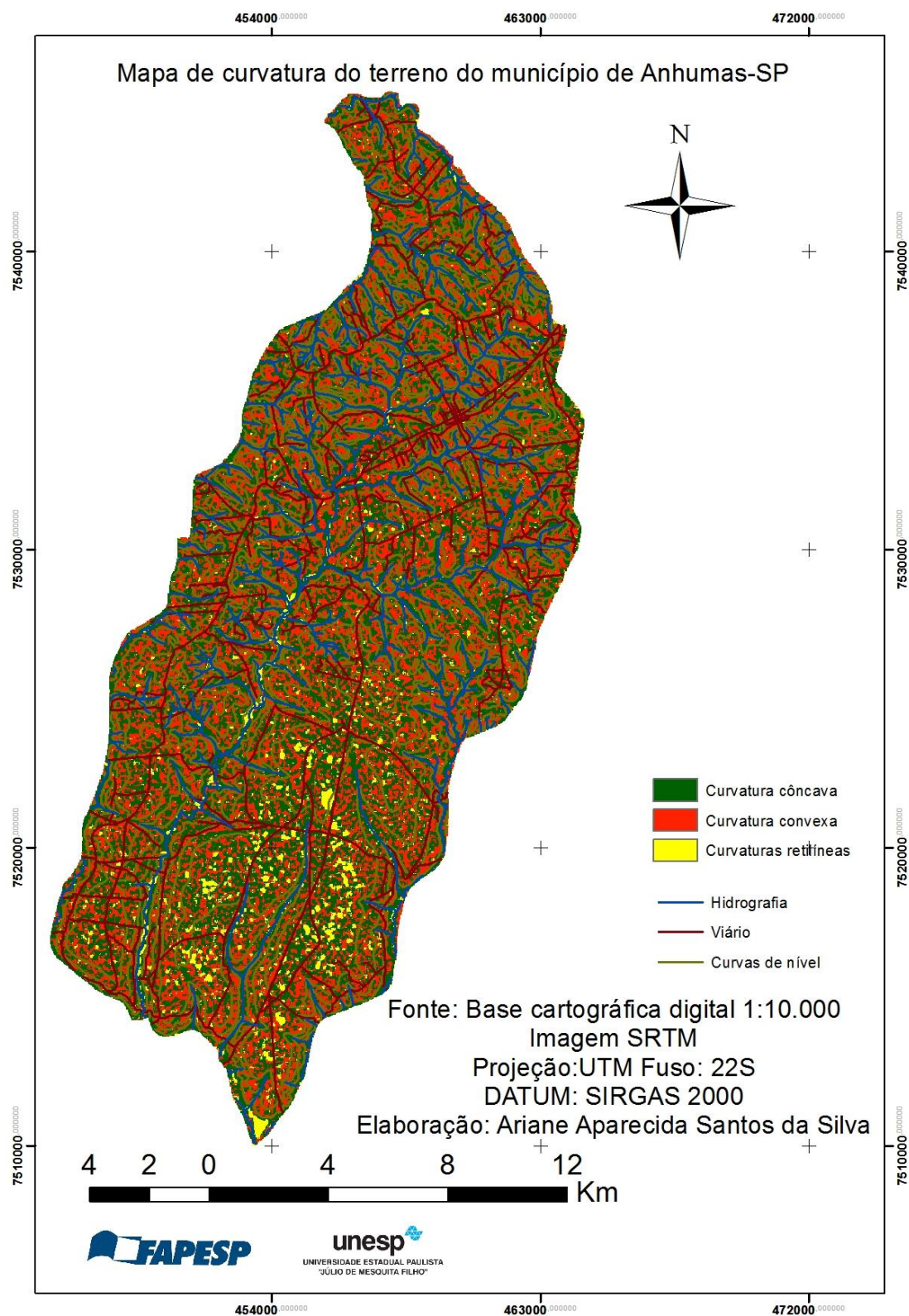
Segundo Penteado (1978) os processos de transporte sobre as vertentes resultam da erosão que se faz em superfície e são derivados de condições ambientais.

Penteado (1978) afirma que em um sistema morfoclimático de dominância de morfogênese bioquímica, o perfil normal de uma encosta, é convexo no topo e côncavo na base. Se a erosão linear é maior do que os processos que atuam na denudação das encostas, o recuo e a suavização dos declives será lento e a convexidade do perfil da vertente tende a aumentar ou a se estender até a base. Se o entalhamento do vale é mais lento do que a evolução das encostas, isto é, se a erosão linear diminui, mas as vertentes ainda apresentam declives fortes, os processos de denudação serão mais ativos. Os topos abaixarão mais depressa do que a base, os declives médios serão reduzidos. As vertentes apresentarão perfil, no qual a concavidade basal tende a crescer em detrimento da convexidade do topo.

A Figura 5 apresenta o Mapa de Curvatura do Terreno.

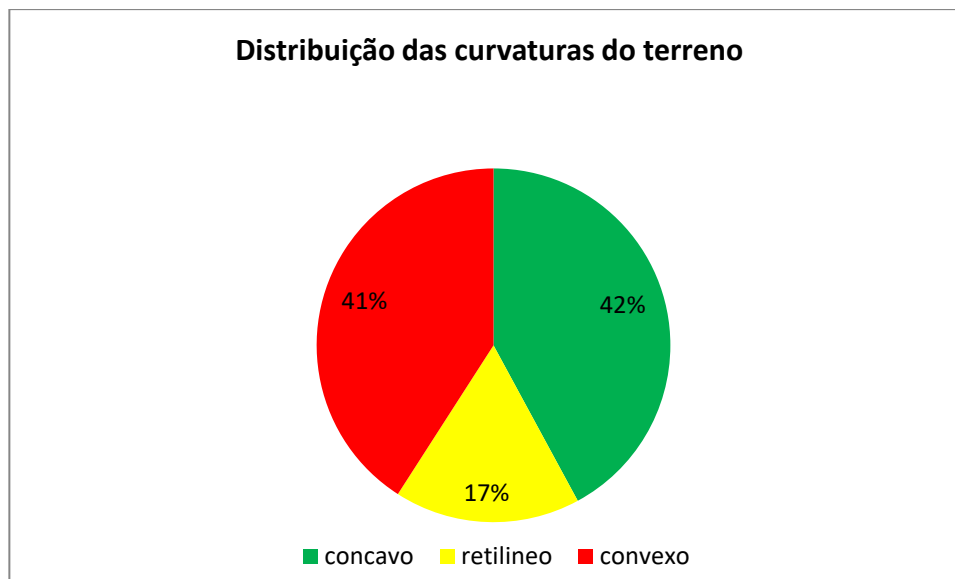
O gráfico 3 apresenta o percentual de distribuição das formas côncavas, convexas e retilíneas na área de estudo.

Figura 5 - Mapa de curvatura do terreno do município de Anhumas - SP.



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

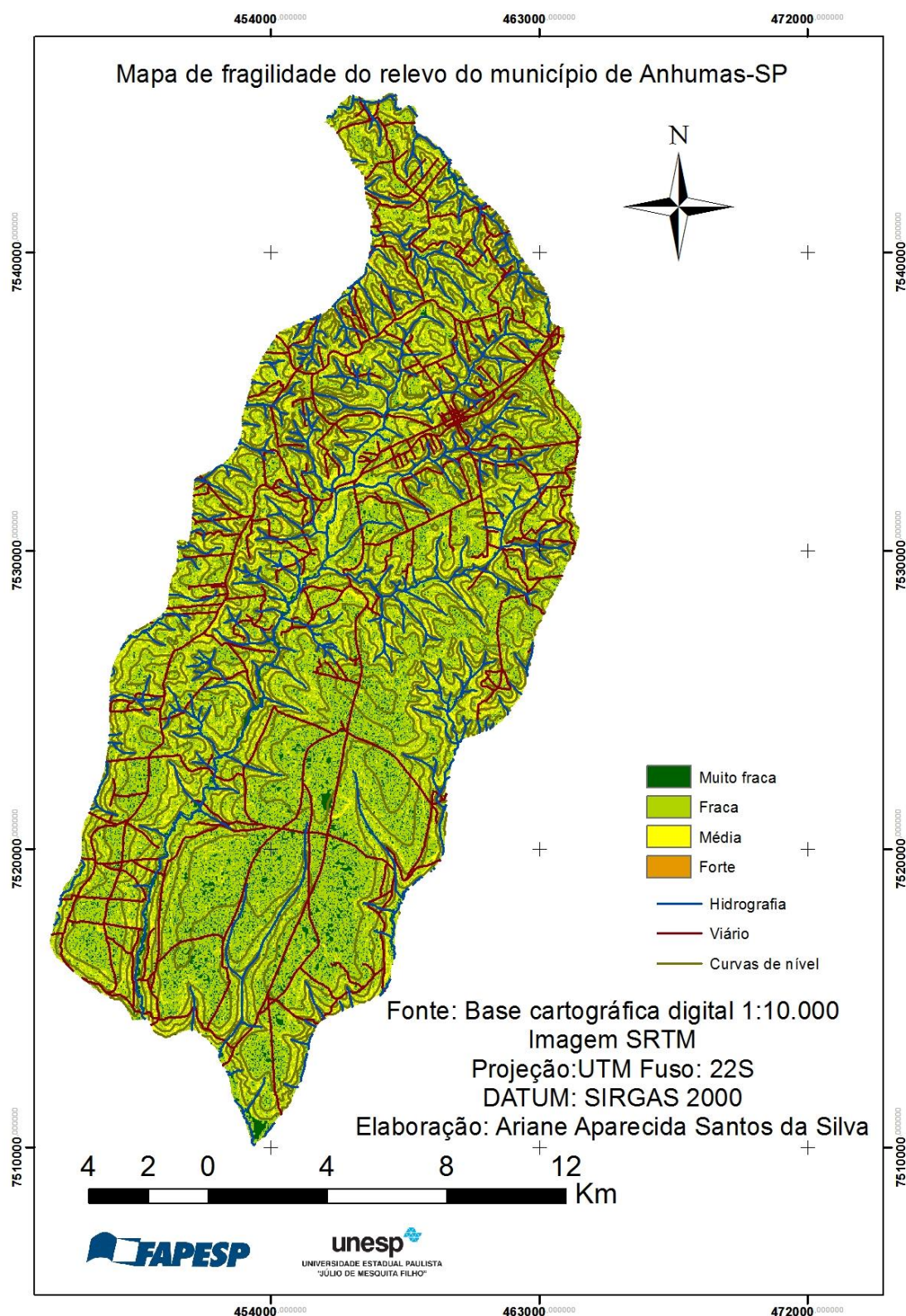
Gráfico 3 - Distribuição das curvaturas do terreno do município de Anhumas-SP



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

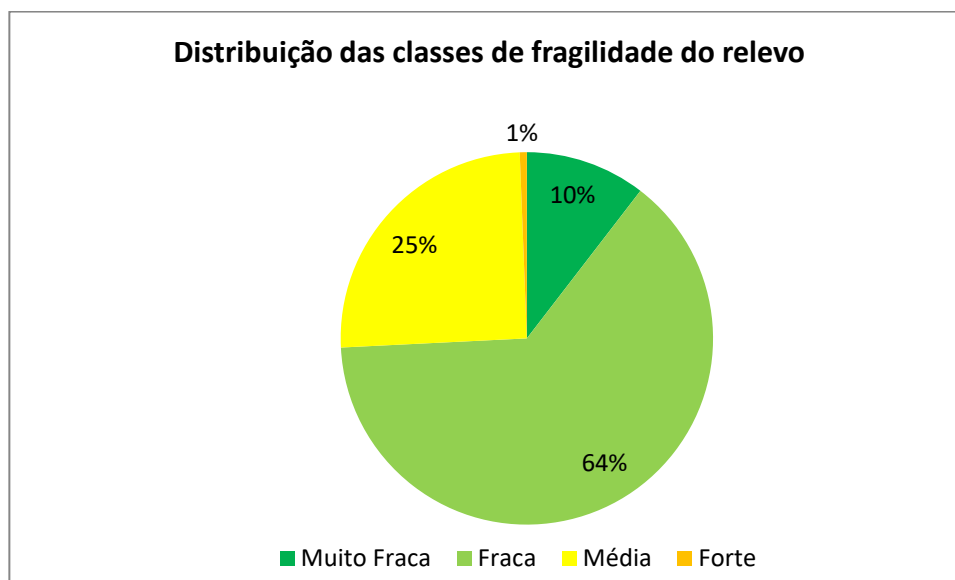
A figura 6 corresponde ao mapa de fragilidade do relevo do município de Anhumas-SP, resultante do cruzamento do mapa clinográfico e do mapa de curvatura do terreno. O gráfico 4 representa as predominâncias das classes de fragilidade do relevo. Observa-se a predominância da classe de fragilidade Fraca.

Figura 6 - Mapa de fragilidade do relevo do município de Anhumas – SP



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Gráfico 4 - Distribuição das classes de fragilidade do relevo do município de Anhumas-SP



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

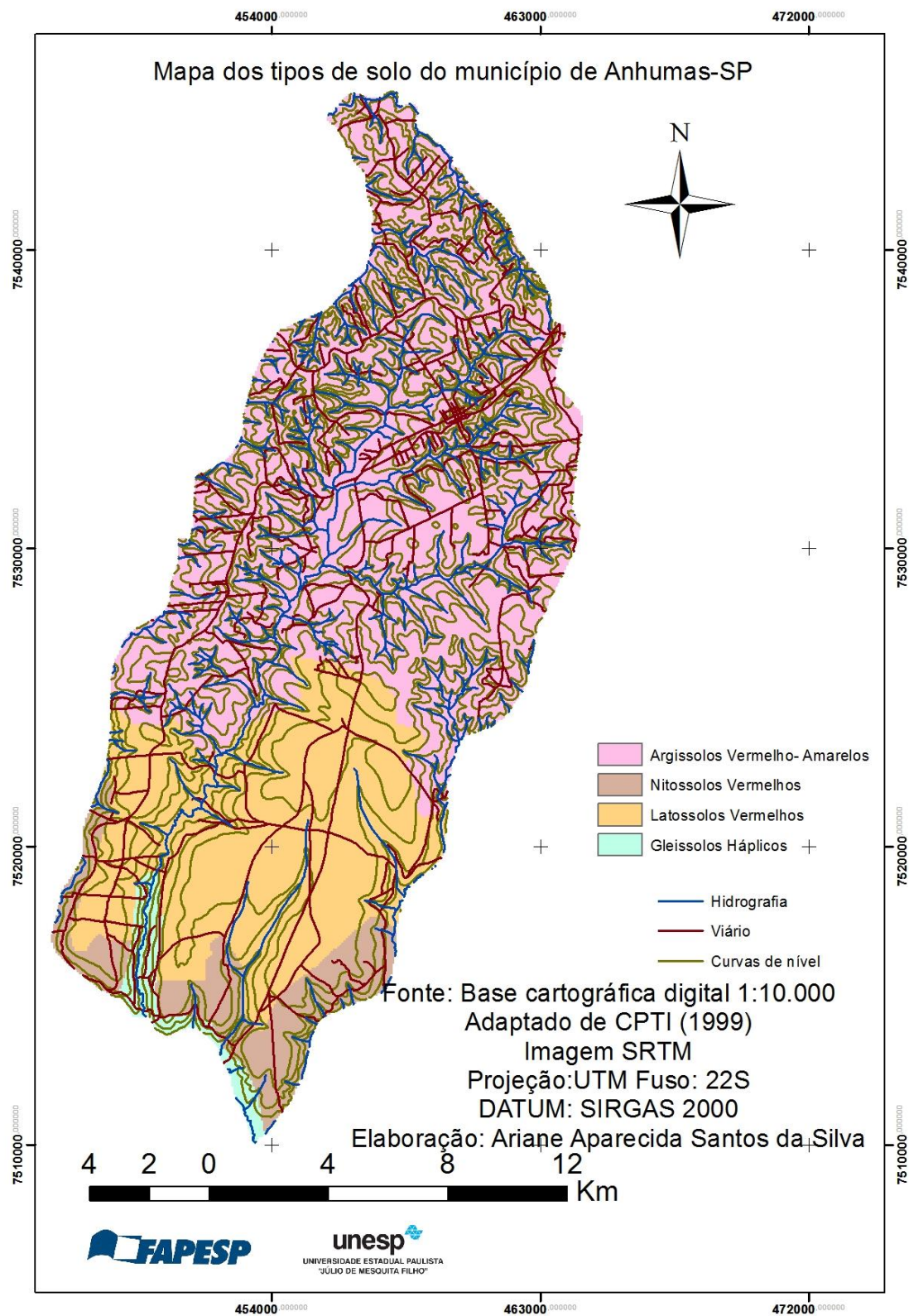
Outra variável importante para apontar a fragilidade é o solo. Segundo Guerra (1980) a definição de solo é:

Camada superficial da terra arável possuidora de vida microbiana. Algumas vezes o solo é espesso, outras vezes pode ser reduzido a uma delgada película ou mesmo deixar de existir. As rochas que afloram na superfície do globo estão submetidas a ações modificadoras dos diversos agentes exodinâmicos. Um dos processos mais importantes na formação dos solos é a alteração do material inicial, ficando no próprio local sem ter sido transportado. Isto tanto pode ser solo como pode ser rocha decomposta. A diferença primordial entre um e outro é que, mesmo no estado mais avançado da decomposição, a rocha não possui vida microbiana. Os solos possuem vida. Esta nasce geralmente com a alteração das rochas, desenvolvendo-se com elas as associações vegetais. Com a degradação mecânica das rochas, temos o começo das formações móveis sedimentares (p. 582 e 583).

Ainda segundo Guerra (2001) os diferentes tipos de solo apresentam comportamentos diferenciados em relação aos processos neles atuantes, assim, alguns tipos apresentam maior suscetibilidade à erosão.

Na figura 7 apresenta-se o mapa dos tipos de solos do município de Anhumas-SP e o gráfico 5 representa suas distribuições na área de estudo. Observa-se a predominância dos Argissolos que ocupam 62% da área.

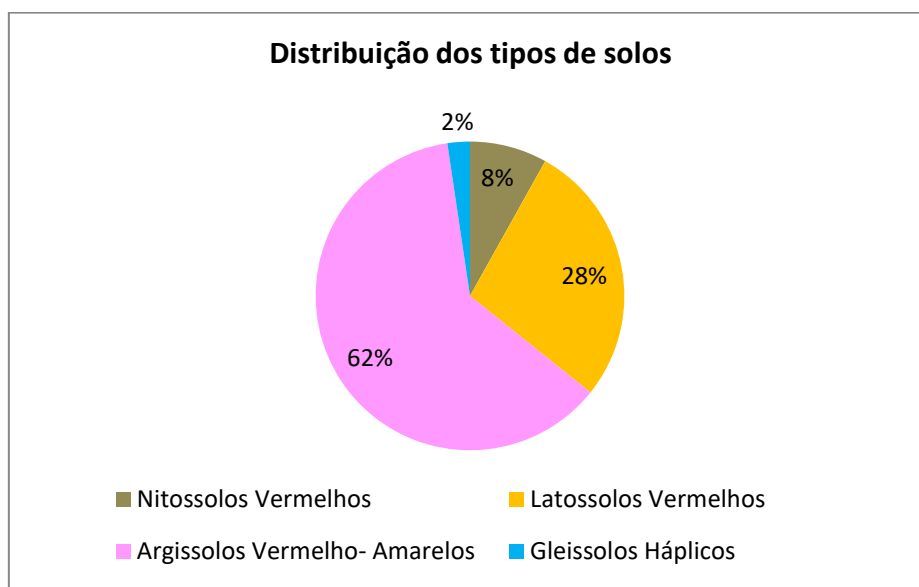
Figura 7 - Mapa dos tipos de solos do município de Anhumas – SP



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Fonte: Pedologia CPTI. Relatório da situação dos recursos hídricos da bacia do Pontal do Paranapanema. São Paulo, 1999, atualizado com a nomenclatura mais recente da Embrapa, 2012 1:600.000.

Gráfico 5 - Distribuição dos tipos de solos do município de Anhumas-SP



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Como pode ser observado há predominância de Argissolos no município de Anhumas-SP. Segundo o SiBCS - Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (EMBRAPA,2006) os Argissolos tendem a ser mais suscetíveis aos processos erosivos devido à sua relação textural, que implica em diferenças de infiltração dos horizontes superficiais e subsuperficiais. No entanto, os de texturas mais leves ou textura média e de menor relação textural são mais porosos, possuindo boa permeabilidade, sendo, portanto, menos suscetíveis à erosão.

Os Latossolos, de um modo geral, apresentam reduzida suscetibilidade à erosão (VIEIRA, 1988; OLIVEIRA et al., 1992; RESENDE et al., 1995; GUERRA, 2001). A boa permeabilidade e drenagem 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.

Ainda segundo o SiBCS (EMBRAPA, 2006), os Nitossolos também presentes na área de estudo só possuem maior suscetibilidade a processos erosivos quando localizados em áreas mais declivosas.

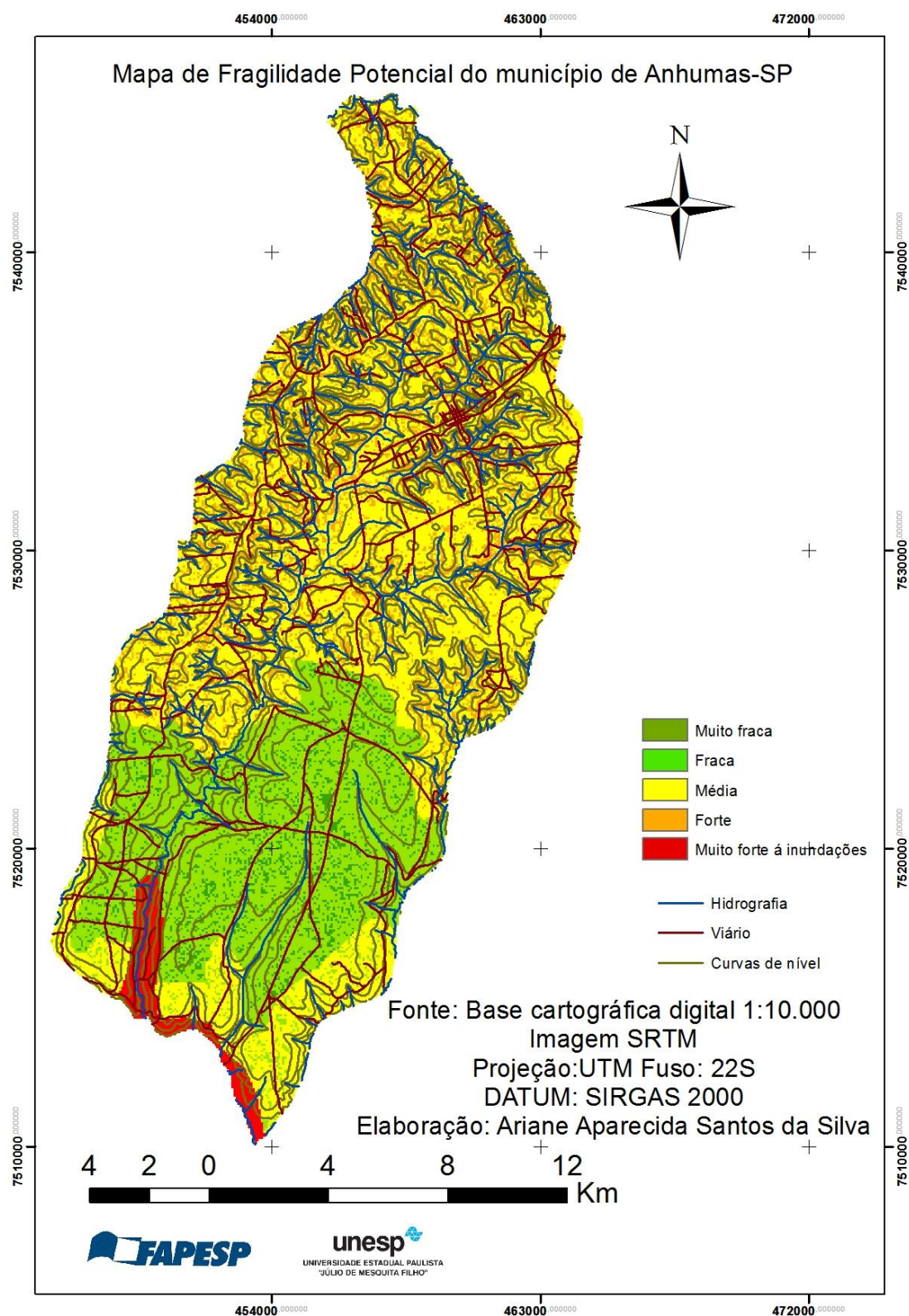
Há também a presença de Gleissolos. Segundo Guerra (2001), no que se refere à suscetibilidade à erosão, esses solos, por situarem-se em áreas planas, que não favorecem o escoamento, não apresentam limitações relevantes. Entretanto, por localizarem-se em áreas de fundos de vales, associados à planícies de inundação, foram classificados na presente pesquisa como sendo de Fragilidade Muito Alta, pois são áreas de solos instáveis e sujeitas à inundações periódicas.

Ao correlacionar o Mapa de Fragilidade do Relevo, com os níveis de fragilidade de cada um dos tipos de solos, obtém-se o Mapa de Fragilidade Potencial. Esse produto cartográfico identifica na área de estudos níveis de fragilidade natural aos processos lineares.

A Figura 8 apresenta o Mapa de Fragilidade Potencial e o gráfico 6 representa o percentual de cada nível de fragilidade na área de estudo. Conforme se observa, prevalecem na área níveis médios de fragilidade potencial. Ou seja, em função das características do relevo e dos solos, a área apresenta susceptibilidades entre muito fraca a média aos processos erosivos lineares, embora 21% apresente fragilidade forte.

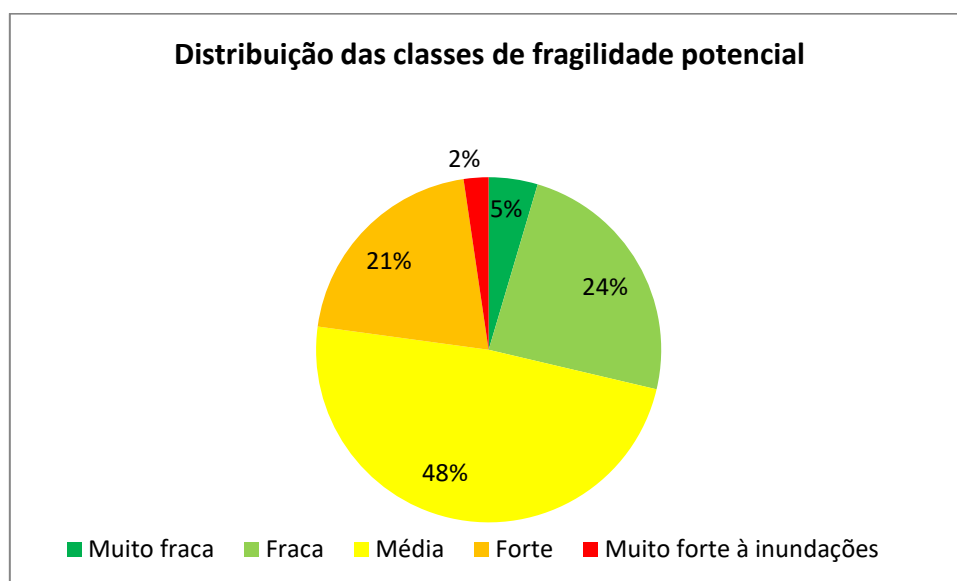
A figura 9 apresenta o mapa do Uso e Cobertura da terra do município de Anhumas-SP e o gráfico 7 representa a distribuição de cada classe de usos e ocupação. Observa-se a predominância da pastagem e secundariamente, do cultivo de cana de açúcar.

Figura 8 – Mapa de Fragilidade Potencial



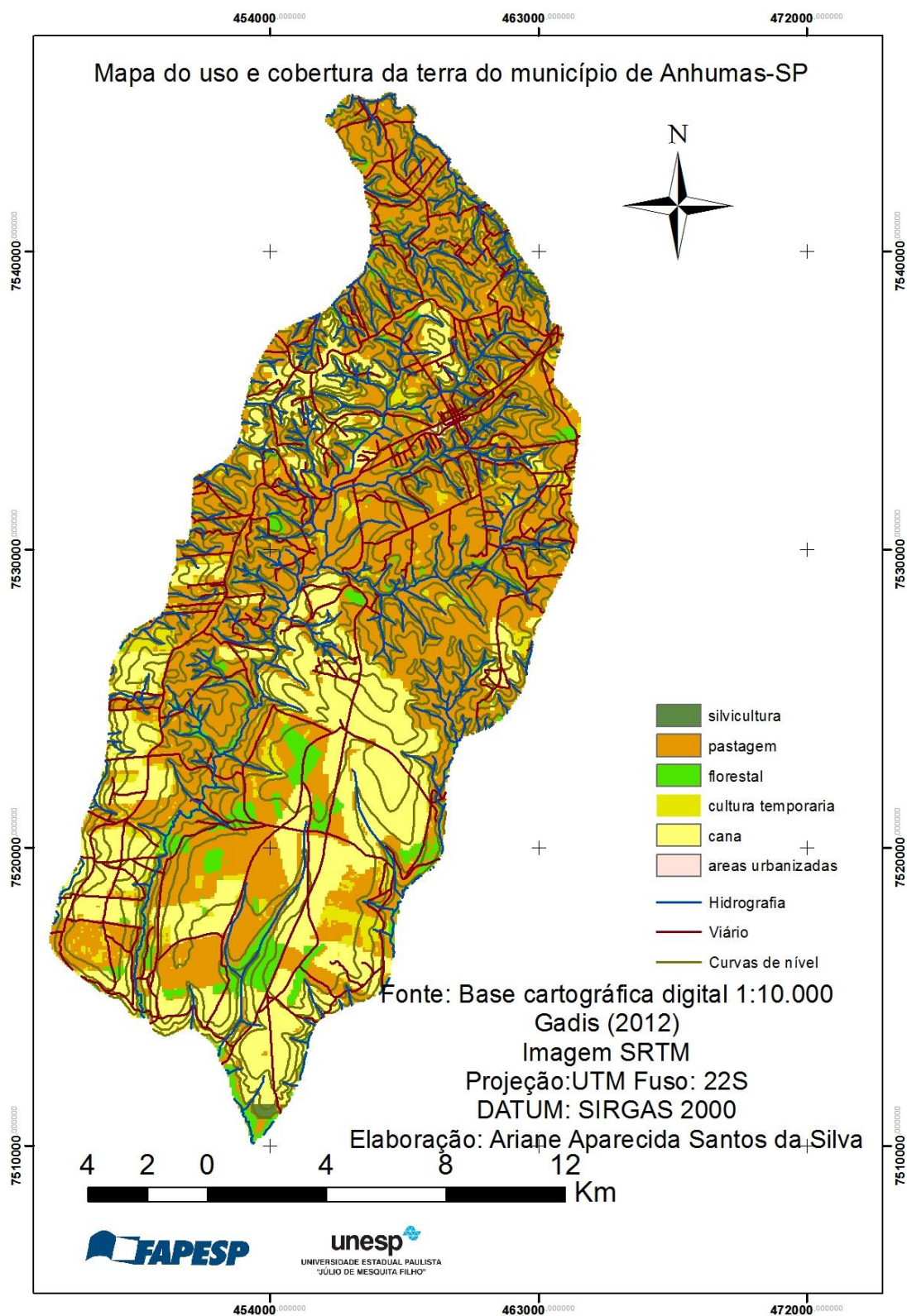
Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Gráfico 6 - Distribuição dos níveis de Fragilidade Potencial no município de Anhumas-SP



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

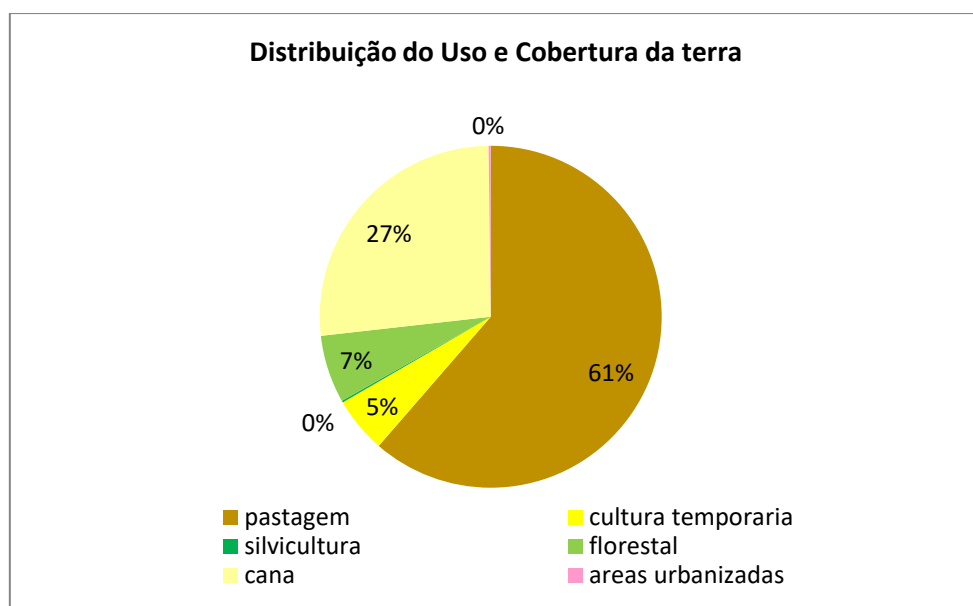
Figura 9 - Mapa do uso e cobertura da terra do município de Anhumas – SP



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Fonte: Uso e Ocupação das Terras 2012 Gadis, 2012. 1:250.000

Gráfico 7 - Distribuição do uso e cobertura da terra do município de Anhumas-SP

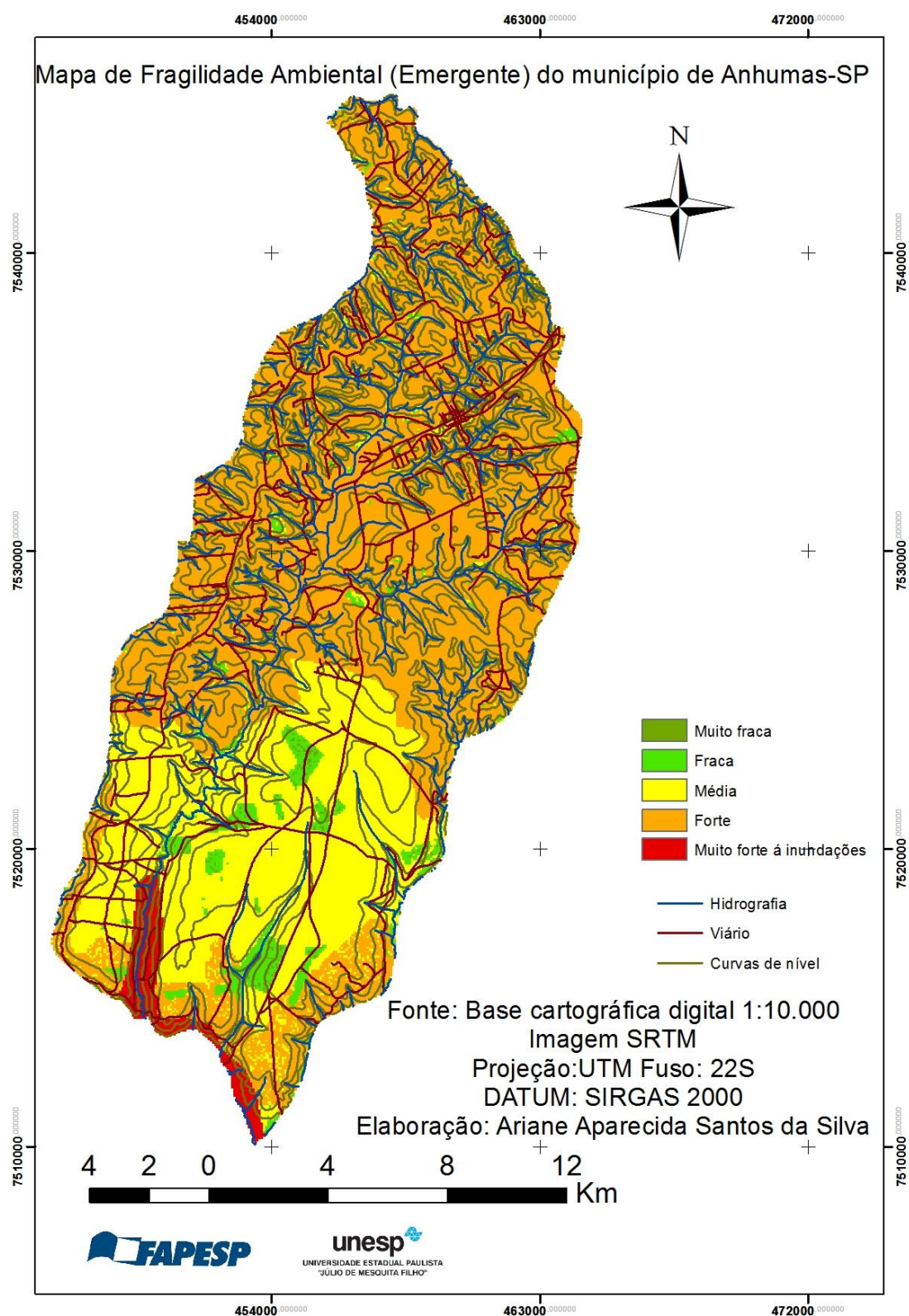


Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

A Figura 10 corresponde ao Mapa de Fragilidade Ambiental do município de Anhumas - SP, resultante da análise multicriterial ponderada dos mapas intermediários (Fragilidade Potencial e Uso e Cobertura da Terra).

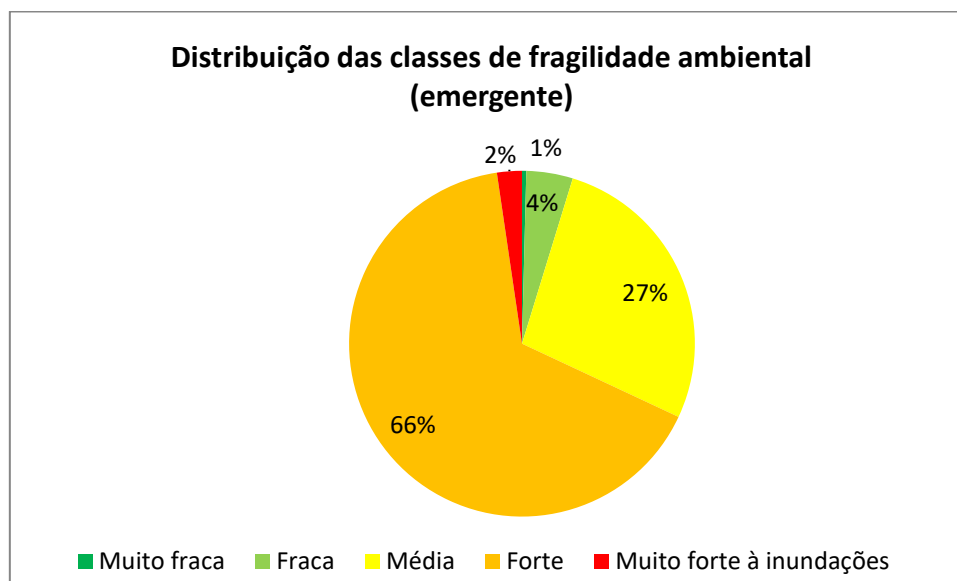
A análise do mapa de Fragilidade Ambiental e do gráfico 8 permite verificar que na área de estudo predominam as classes de fragilidade ambiental Forte (66%) e Média (27%). Ao comparar com o Mapa de Fragilidade Potencial, observa-se que em função dos usos e coberturas da terra, os níveis de fragilidade média e alta aumentaram significativamente, o que indica que tais usos aumentam a susceptibilidade à erosão linear.

Figura 10 - Mapa de fragilidade ambiental do município de Anhumas – SP



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Gráfico 8 - Distribuição das classes de fragilidade ambiental do município de Anhumas-SP



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

3.2. OS PROCESSOS EROSIVOS NO MUNICÍPIO DE ANHUMAS

Segundo Lal (2000), a erosão do solo é um fenômeno natural e complexo, produzido pela ação da água e dos ventos. Consiste em um processo que envolve desagregação, transporte e deposição de partículas e é influenciado pelo tipo de solo, pelas formas do relevo, pela cobertura da terra e sistema de manejo, além das práticas conservacionistas e, sobretudo, pelas chuvas no meio tropical úmido.

De acordo com o agente erosivo, tipo ou origem e natureza é que se diferencia a erosão.

Em termos de erosão hídrica, podemos distinguir basicamente dois tipos: a erosão laminar e a erosão linear.

Segundo Guerra (1980), a erosão laminar ou em lençol é o processo de remoção de uma delgada e uniforme camada do solo superficial, provocada por fluxo hídrico não concentrado.

Já a erosão linear ocorre quando os filetes de água se concentram até formar enxurradas e concentram-se em locais formando sulcos, ravinas e

canais mais profundos, constituindo as voçorocas. (MORTARI,1995; MAURO, 2001).

Segundo Guerra (1980) as ravinas são:

Sulcos produzidos nos terrenos devido ao trabalho erosivo das águas de escoamento. A água de escoamento superficial, ao sofrer certas concentrações, passa a fazer incisões, passando do sheet erosion para rill erosion, isto é, erosão de ravinamento e voçorocamento. (p. 513).

Ainda segundo Guerra (1980), voçoroca é:

Escavação ou rasgão do solo ou de rocha decomposta, ocasionado pela erosão do lençol de escoamento superficial.

As voçorocas, quando em grande número e relativamente paralelas, dão aparecimento a verdadeiras áreas badland ou ainda área voçorocada.

As voçorocas podem também ser formadas pelo escoamento subsuperficial. (p. 637).

Fendrich (1984) afirma que o aumento da taxa de erosão normal, em decorrência da quebra do equilíbrio do meio ambiente pelas atividades humanas, principalmente as advindas das alterações conduzidas na cobertura vegetal, tais como, uso excessivo de pastagens, retirada de madeira por derrubada ou queima, práticas inadequadas de cultivo e entre outras alterações é definida como erosão acelerada.

Ainda segundo Fendrich (1984), a extensão da erosão e a quantidade de sedimentos produzidos numa bacia hidrográfica, dependem sobretudo das propriedades do solo, clima, vegetação, topografia e de outras condições.

Segundo Fendrich (1984), a erodibilidade dos solos ou sua suscetibilidade à erosão depende de muitos fatores:

[...] estrutura; estratificação; permeabilidade; teor de umidade; textura; composição; tipo e extensão da cobertura; e declividade do terreno.

Embora a erodibilidade de um tipo particular de solo varie inversamente com o tamanho de suas partículas constituintes, solos arenosos finos erodem muito mais prontamente que argilas duras.

Desde que a coesão é reduzida pela deficiência de umidade, os solos são geralmente mais erosivos quando secos que quando úmidos.

A presença de matéria coloidal, especialmente aquela de origem vegetal, tende a aumentar a coesão das partículas do solo, e assim diminuir sua erosividade. Em adição ao fato de que a vegetação dissipa grande parte da energia de colisão das gotas de chuva, ela também tende a aumentar a

resistência do solo à erosão. As partículas finas aderem ao sistema radicular próximo à superfície do solo e atuam como uma “armadura” do solo. (p. 24).

Mas, segundo Fendrich (1984), existem outros fatores que propiciam a erosão e não apenas o tipo de solo, são eles: Fator antrópico, Fator topográfico e Fator Clima.

O fator antrópico consiste na retirada da cobertura vegetal por meio de derrubadas de matas, seguida pelas queimadas e pelas capinas; agricultura praticada irracionalmente com manejo impróprio, tais como, culturas esgotantes, plantio morro abaixo e outras; formação de pastos com alta densidade de animais, proporcionando o excessivo pisoteio em determinadas direções, formando assim trilhas pela passagem dos animais na busca de água nos talvegues inferiores; abertura de valetas, com a finalidade de dividir e separar áreas, proteger culturas e propriedades em geral, porém, perpendicularmente às curvas de nível; abertura de estradas, sem o devido cuidado na execução das necessárias obras de drenagem para coletar, transportar e restituir as águas captadas e acumuladas; execução de loteamentos, sem os cuidados anteriores e com inobservância das práticas e normas racionais de conservação do solo e de controle da erosão (FENDRICH, 1984).

Segundo Fendrich (1984), no fator topografia:

As voçorocas ocorrem tanto em terrenos levemente ondulados, como também naqueles de topografia acidentada. Entretanto, influem muito na sua velocidade de formação e desenvolvimento, os locais que apresentam maior densidade de drenagem, dada pela quantidade de talvegues, sulcos e valetas. (p. 26).

E, em relação ao clima, o principal fator nos processos erosivos é a chuva. Segundo Mendes (2014):

Os processos erosivos no Brasil têm a água como o maior agente causador. O clima tropical agrava mais a situação. A chuva, associada às características geológicas e fisiográficas, constitui-se em um dos principais elementos desencadeadores dos processos de erosão hídrica. Com isso, a erosão hídrica é a que mais afeta os solos brasileiros. A erosão hídrica é conceituada como sendo o transporte por arrastamento de partículas do solo pela ação das águas (p.3)

Os efeitos da erosão são variados e extensivos, diretos e indiretos e os danos dependem da quantidade e característica dos processos erosão-transporte-deposição.

Segundo Guerra (2001),

A erosão no Brasil possui várias formas de expressão na paisagem e inúmeros fatores controladores, entre eles o próprio homem.

Tendo em vista que diferentes tipos de solo apresentam comportamento diferenciado em relação aos processos neles atuantes, discutiu-se a suscetibilidade à erosão das principais classes de solos brasileiros (quanto à expressão espacial) em seus domínios de ocorrência, permitindo ao leitor distinguir quais aquelas consideradas mais suscetíveis, resguardada a influência dos demais fatores. Ao considerar outros fatores que não apenas a erodibilidade da cobertura pedológica (e não só do solo, pois inclui também a visão tridimensional e, portanto, as descontinuidades que podem existir entre os materiais do solo), percebe-se que algumas classes consideradas de alta suscetibilidade podem, em seu ambiente de ocorrência, não apresentar problemas de erosão; ao passo que classes de solo tidas como de baixa suscetibilidade podem apresentar elevada incidência de processos erosivos, em função da atuação de outros fatores (clima, morfologia, seres vivos, etc). (p. 219).

As razões das perdas aceleradas dos solos no Oeste Paulista têm sido associadas a seus solos, derivados dos arenitos do Grupo Bauru (ARAÚJO et al., 1995; CANIL et al., 1995; CATARINO, 1995; KERTZMAN et al., 1995; GUERRA, 2001). Porém, somente a suscetibilidade dos solos não é suficiente para explicar o elevado grau de erosão no Oeste Paulista. O uso inadequado do solo nas áreas rurais e urbanas é, na verdade, o grande detonador dos processos erosivos. Segundo Guerra (2001),

A partir do primeiro estágio de ocupação, através do desmatamento, o equilíbrio ambiental é rompido e faz-se necessária a adequação das atividades desenvolvidas sobre o solo com a capacidade de suporte do meio. Na maioria dos casos, tal condição não foi respeitada, havendo, por exemplo, áreas rurais com usos invertidos, ocupados por pastagens, quando deveria haver agricultura e vice-versa (CARVALHO et al., 1995). (pg.200).

No que se refere às áreas urbanas e periféricas, o principal fator contribuinte refere-se ao próprio processo de urbanização, realizado sem o devido manejo do escoamento superficial por ele produzido, como verificado por Silva et al. (1995; Guerra, 2001), no município de Bauru.

A localização das áreas urbanas nos divisores das bacias hidrográficas (KERTZMAN et al., 1995; GUERRA, 2001) possui papel agravante na evolução dos processos erosivos, na medida em que os sistemas de fluxos gerados pela ocupação do solo somam-se à rede de fluxos naturais, engrossando a força de atuação do componente hídrico. Neste caso, as áreas das periferias urbanas, por apresentarem, em geral, uma rede de drenagem pluvial deficiente, ou mesmo ausente, como verificado na cidade de Bauru por Cavalcanti (1995; GUERRA, 2001), revelam-se como as mais críticas quanto à incidência de feições erosivas.

Alguns autores acrescentam ainda o papel das chuvas intensas de verão na aceleração dos processos erosivos (ARAÚJO, 1995; QUEIROZ NETO et al., 1995; GUERRA, 2001). Em estudo realizado para Bauru, por Kertzman et al., (1995; Guerra, 2001), foi verificado que as chuvas fortes do verão de 1993, que alcançaram mais de 1.600 mm, acumulados num período de quatro meses, provocaram o surgimento e a reativação de várias feições erosivas.

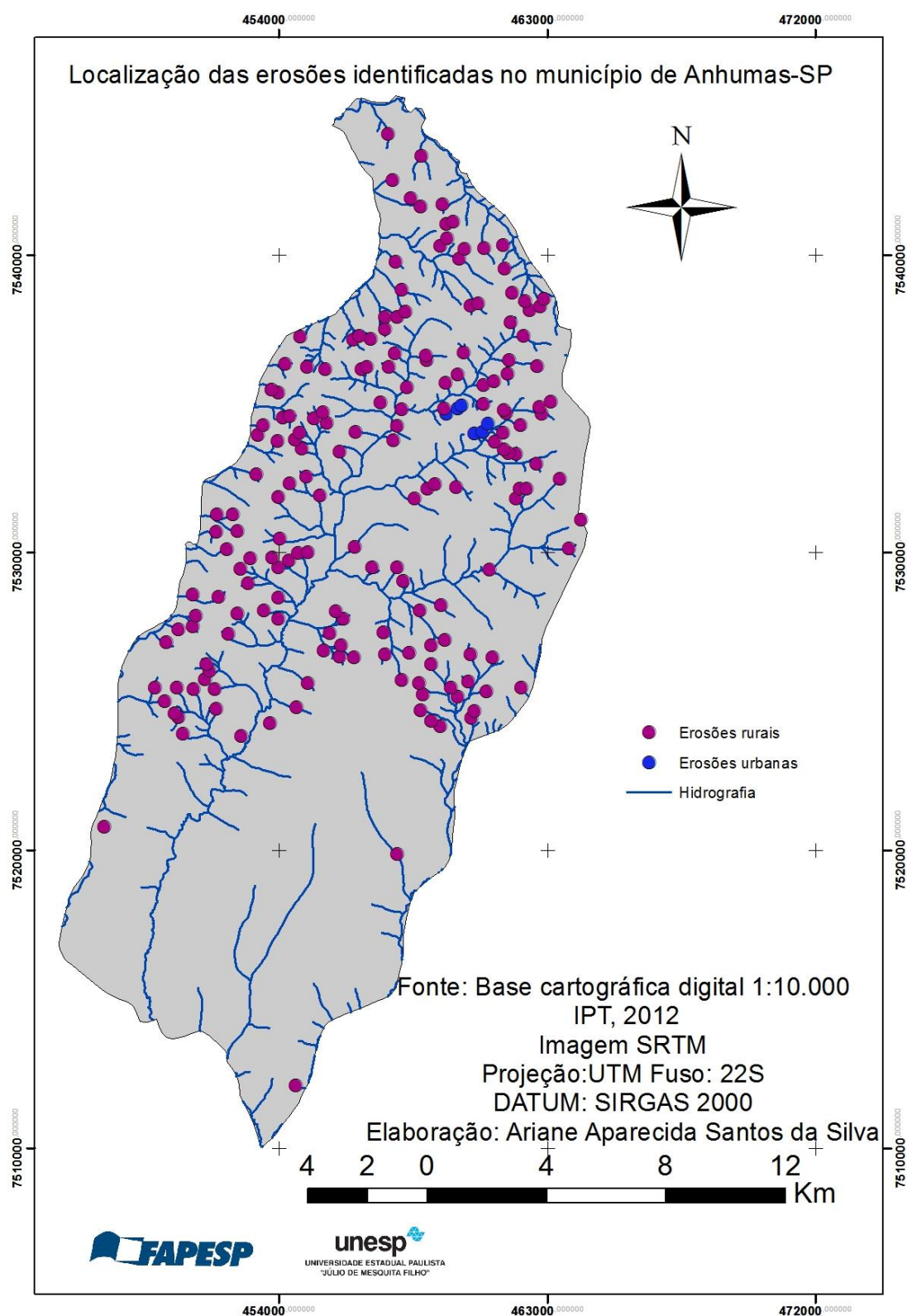
Segundo Tominaga et al (2009),

Dentre os instrumentos técnicos mais indicados à prevenção de erosão acelerada destacam-se os mapas geotécnicos ou geoambientais, os quais por meio da caracterização e análise dos fatores naturais que influenciam a ocorrência de processos erosivos indicam a suscetibilidade ou potencial do terreno em desenvolver estes processos. Estas informações são importantes para orientar o uso e ocupação do solo, podendo ter aplicação em instrumentos legais de disciplinamento do uso do espaço territorial, como nos planos diretores municipais. (p. 65)

Os Mapas de Fragilidade Potencial e Mapa de Fragilidade Emergente (Ambiental), gerados nessa pesquisa, cumprem o papel destacado por Tominaga et al (2009), ao identificar áreas que apresentam potencial para o desenvolvimento de processos erosivos lineares quer seja pelas suas características físicas ou destas associadas ao uso e ocupação da terra.

O município de Anhumas apresenta 185 ocorrências de focos erosivos lineares, sendo que a maior parte deles (172) encontram-se em estágio avançado, correspondendo a voçorocas. A Figura 11 apresenta as ocorrências de focos de erosão linear no município. Também se verifica que a maioria das erosões (178) se encontra na área rural.

Figura 11 – Processos erosivos lineares no município de Anhumas – SP



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Fonte: Instituto de Pesquisas e Tecnológicas, Relatório Técnico nº 131.057-205, 2012

De acordo com IPT (2012) foram identificados 171 voçorocas e 8 ravinas na área rural e 1 voçoroca e 5 ravinas no perímetro urbano do município de Anhumas-SP.

As erosões foram qualificadas em três tipos de criticidade:

- 1- Baixa criticidade: são erosões de pequeno e médio porte que se encontram estabilizadas, sem atividade erosiva.
- 2- Média criticidade: são erosões com relativa atividade erosiva. Essas erosões normalmente foram objeto de obras parciais de estabilização ou necessitam de manutenção, o que pode torna-las novamente ativas.
- 3- Alta criticidade: são erosões com grande atividade erosiva.

Para os levantamentos de campo inicialmente foram escolhidos cinco pontos de observação, sendo três na área urbana (Pontos 1, 2 e 3 da Figura 12) e dois na área rural (Pontos 5 e 6 na Figura 11). O ponto 4, localizado na área urbana não consta no levantamento de IPT (2012).

Figura 12 – Pontos de observação em campo



Fonte: Google Earth (2018) e IPT (2012)

A seguir apresentam-se as descrições de cada ponto selecionado:

- Ponto 1: Coordenadas UTM: -22.296317,-51.378309

De acordo com IPT (2012), trata-se de uma voçoroca em área urbana, de nível II de criticidade (Alta), com 250 m. de comprimento e 5 m. de profundidade. Localiza-se em área de Argissolo Vermelho-Amarelo. O uso do solo à montante caracteriza-se por chácara, com áreas de mata e pastagem com curvas de nível, enquanto que à jusante observa-se área de pastagem sem curvas de nível. Por localizar-se em propriedade privada e apresentar-se cercada por vegetação arbórea, não foi possível aproximar-se do local para efetuar observações mais detalhadas e também não foi possível obter fotografias pois do ponto de acesso mais próximo à área, às margens da rodovia, avista-se apenas a vegetação arbórea. A Figura 13 apresenta a vista da área do Ponto 1.

Figura 13 - Ponto 1. Vista geral



Fonte: Google Earth (2018) e IPT (2012)

- Ponto 2: Coordenadas UTM: -22.298744; -51.380213

De acordo com IPT (2012), trata-se de uma ravina em área urbana de nível II de criticidade (Alta), com 150 m. de comprimento e 2 m. de profundidade. Localiza-se em área de Argissolo Vermelho-Amarelo. O uso do solo à montante caracteriza-se por chácara, com áreas de mata e pastagem com curvas de nível, enquanto que à jusante, observa-se e área de pastagem sem curvas de nível. Pelos mesmos motivos citados no ponto1, não foi

possível aproximar-se do local para a tomada de fotografias e observações mais detalhadas.

A Figura 14 apresenta a vista da área do Ponto 2.

Figura 14 - Ponto 2. Vista geral.



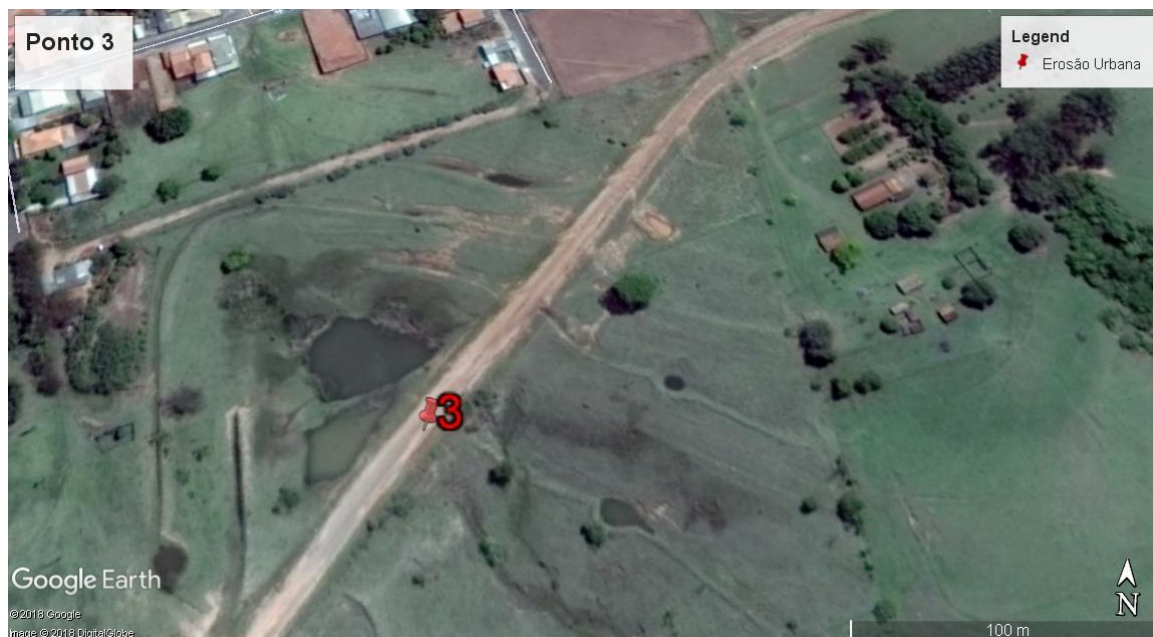
Fonte: Google Earth (2018) e IPT (2012)

- Ponto 3: Coordenadas UTM -22.299232; -51.382854

De acordo com IPT (2012), trata-se de uma ravina em área urbana de nível I de criticidade (Muito Alta), com 400 m. de comprimento e 1 m. de profundidade. Localiza-se em área de Argissolo Vermelho-Amarelo. O uso do solo à montante caracteriza-se por área urbana consolidada e pastagem com curvas de nível, enquanto que à jusante observa-se área de pastagem com curvas de nível. Conforme observou-se em campo, a área sofreu intervenções através de obras de drenagem, com a construção de bacias de retenção para o controle do escoamento superficial, com o intuito de conter a evolução da feição erosiva. (Figuras 16, 17 e 18).

A Figura 15 apresenta a vista da área do Ponto 3. As Figuras 16, 17 e 18 apresentam as intervenções realizadas na área para conter o processo erosivo.

Figura 15 - Ponto 3. Vista geral



Fonte: Google Earth (2018) e IPT (2012)

Figura 16 - Intervenção em área de ravina através de obras para o controle de escoamento superficial. Vista da porção superior (montante) da ravina.



Fonte: Autora, 2018.

Figura 17 - Intervenção em área de ravina através de obras de drenagem. Porção inferior da ravina (jusante).



Fonte: Autora, 2018.

- **Ponto 4:** Coordenadas UTM: -22.301051, -51.387388

O ponto 4 (Figuras 18, 19, 20, 21, 22 e 23) localiza-se em área urbana, e refere-se a uma ravina. Entretanto, trata-se de foco erosivo não identificado e mapeado pelo IPT (2012). A feição erosiva possui cerca de 150 m. de extensão e profundidade de aproximadamente 2 m. Localiza-se em área de Argissolo Vermelho-Amarelo. O uso do solo à montante caracteriza-se por área urbana consolidada e pastagem com curvas de nível, enquanto que à jusante, observa-se e área de pastagem com curvas de nível e fragmentos de mata.

Figura 18 - Ponto 4. Vista geral



Fonte: Google Earth (2018) e IPT (2012)

Figura 19 - Ravina identificada em campo. Porção inicial.



Fonte: Autora, 2018.

Observa-se à montante da ravina, edificações da área urbana e pastagem.

Figura 20 - Ravina identificada em campo. Porção superior (montante).



Fonte: Autora, 2018.

Figura 21 - Em primeiro plano, a porção superior (montante) da ravina.



Fonte: Autora, 2018.

Ao fundo, na vertente da colina, observam-se processos erosivos resultantes de pisoteio de gado (terraces de pisoteio).

Figura 22 - Ravina identificada em campo. Porção inferior (jusante).



Fonte: Autora, 2018.

Figura 23 – Área de pastagem no entorno da ravina



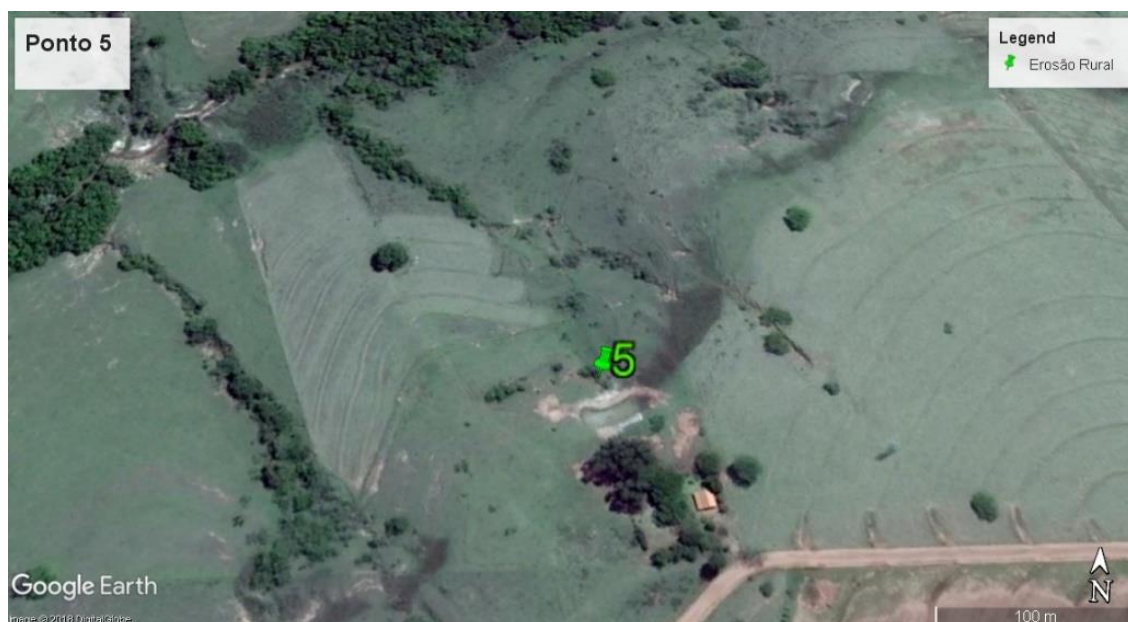
Fonte: Autora, 2018.

- Ponto 5: Coordenadas UTM -22.302; -51.3763

De acordo com IPT (2012), trata-se de uma voçoroca em área rural de nível II de criticidade (Alta). Não há informações sobre as dimensões da feição erosiva. Localiza-se em área de Argissolo Vermelho-Amarelo. O uso do solo à montante caracteriza-se por chácara e pastagem com curvas de nível, enquanto que à jusante, observa-se e área de pastagem com curvas de nível e pequenos fragmentos de mata. Por localizar-se em propriedade privada, não foi possível aproximar-se do local para efetuar observações mais detalhadas. Assim, as observações e tomadas de fotografias foram feitas a partir do ponto de acesso mais próximo à área, às margens da rodovia.

As Figuras 24 e 25 apresentam a vista da área do Ponto 5.

Figura 24 - Ponto 5. Vista Geral



Fonte: Google Earth (2018) e IPT (2012)

Figura 25 - Voçoroca em área rural



Fonte: Autora, 2018.

- **Ponto 6:** Coordenadas UTM -22.301850; -51.376310

De acordo com IPT (2012), trata-se de uma voçoroca em área rural de nível I de criticidade (Muito Alta). Não há informações sobre as dimensões da feição erosiva. Localiza-se em área de Argissolo Vermelho-Amarelo. O uso do solo à montante e à jusante caracteriza-se por pastagem sem curvas de nível. Por localizar-se em propriedade privada, não foi possível aproximar-se do local para efetuar observações mais detalhadas. Assim, as observações e tomadas de fotografias foram feitas a partir do ponto de acesso mais próximo à área, às margens da rodovia.

As Figuras 26 e 27 apresentam a vista da área do Ponto 6.

Figura 26 - Ponto 6. Vista geral.



Fonte: Google Earth (2018) e IPT (2012)

Figura 27 - Voçoroca em área rural



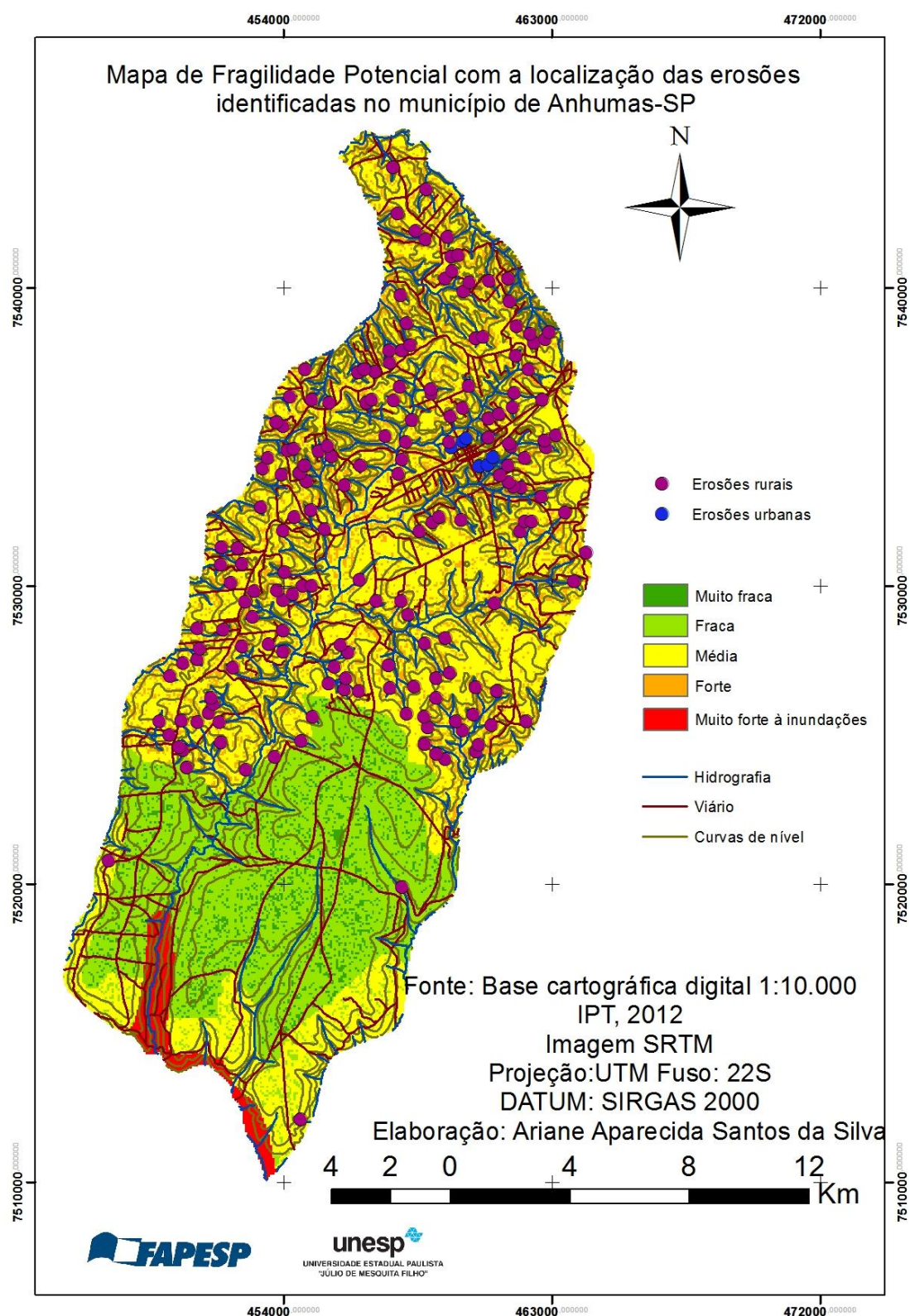
Fonte: Autora, 2018.

Considerando que a metodologia utilizada consiste em um modelo preditivo, a fim de verificarmos sua correspondência com a realidade (processos erosivos lineares presentes na área de estudo) optamos por confrontar os resultados obtidos (níveis de fragilidade potencial e emergente) com as informações de IPT (2012).

A figura 28 apresenta o Mapa de Fragilidade Potencial com a localização das erosões lineares identificadas no município de Anhumas-SP.

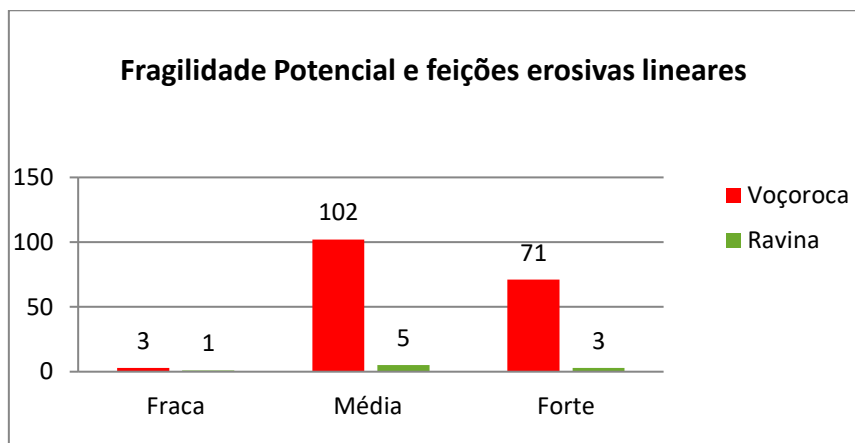
O gráfico 9 representa as distribuições dos processos erosivos de acordo com os níveis de fragilidade potencial na área de estudo. Observa-se a maior presença de erosões nas áreas de fragilidade potencial Média. Esse resultado apresenta-se bastante coerente pois a classe de Média Fragilidade Potencial é aquela de maior ocorrência na área de estudo (48%). O gráfico 10 apresenta a densidade de erosões em cada classe fragilidade potencial. Observa-se a maior densidade de erosões nas áreas de fragilidade Forte. A linha de tendência demonstra correlação de aproximadamente 92% entre a densidade de erosões e os níveis de fragilidade.

Figura 28 - Mapa de Fragilidade Potencial com a localização das feições erosivas identificadas no município de Anhumas – SP



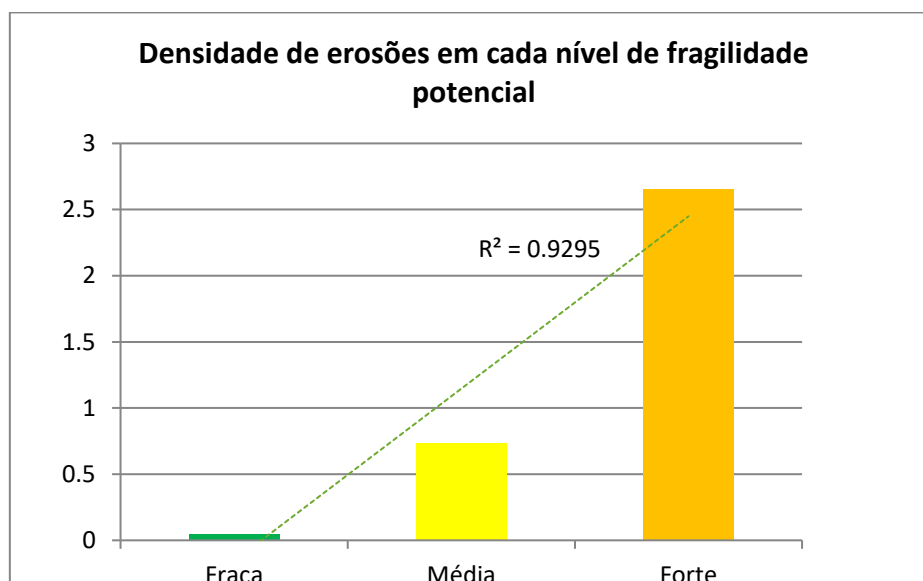
Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Gráfico 9 - Distribuição das feições erosivas por classes de Fragilidade Potencial no município de Anhumas-SP



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Gráfico 10 - Densidade de erosões em cada nível de Fragilidade Potencial

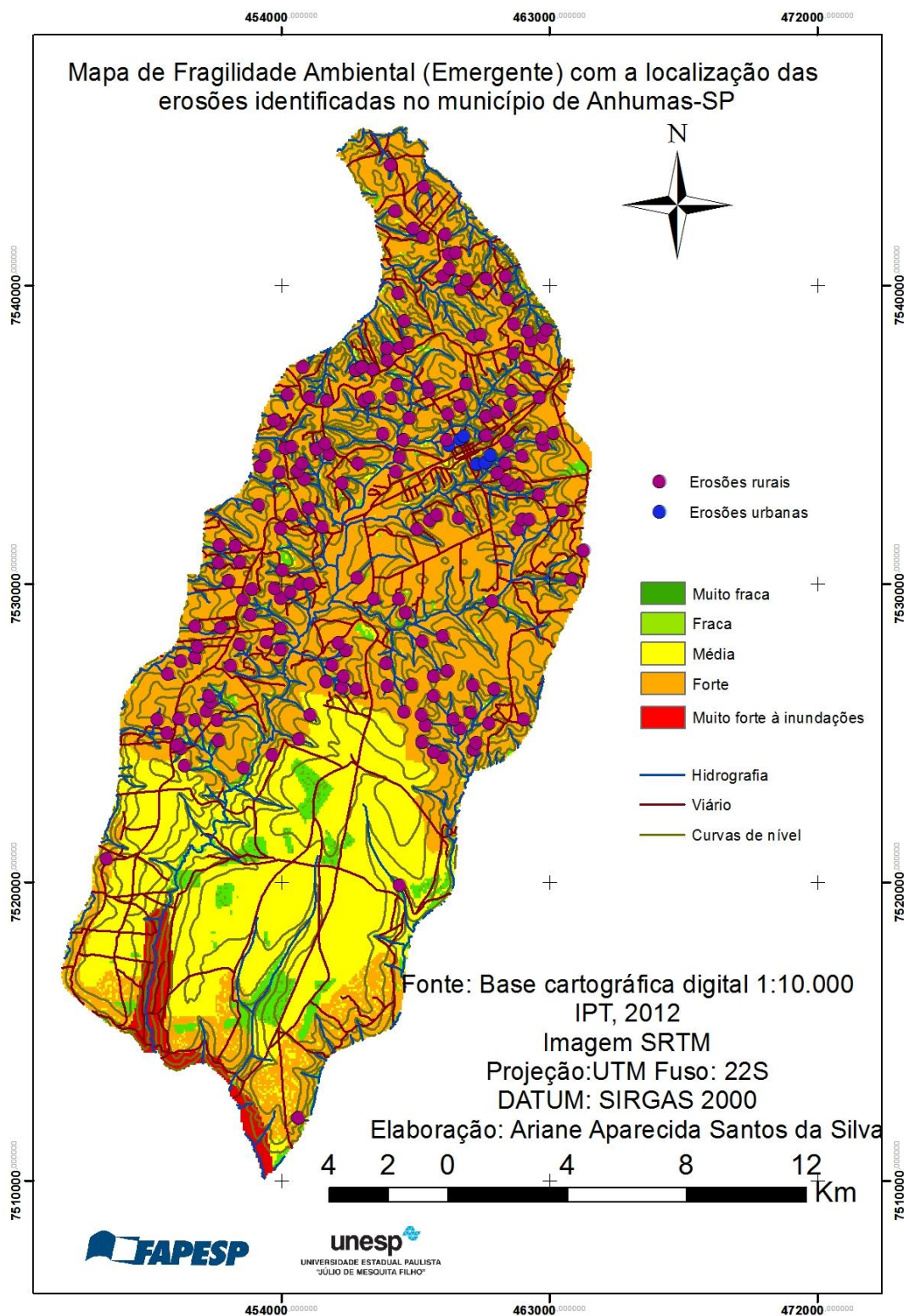


Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

A figura 29 apresenta o Mapa de Fragilidade Ambiental com a localização das erosões lineares identificadas no município de Anhumas-SP. O gráfico 11 representa as distribuições dos processos erosivos de acordo com os níveis de fragilidade ambiental na área de estudo. Observa-se a maior

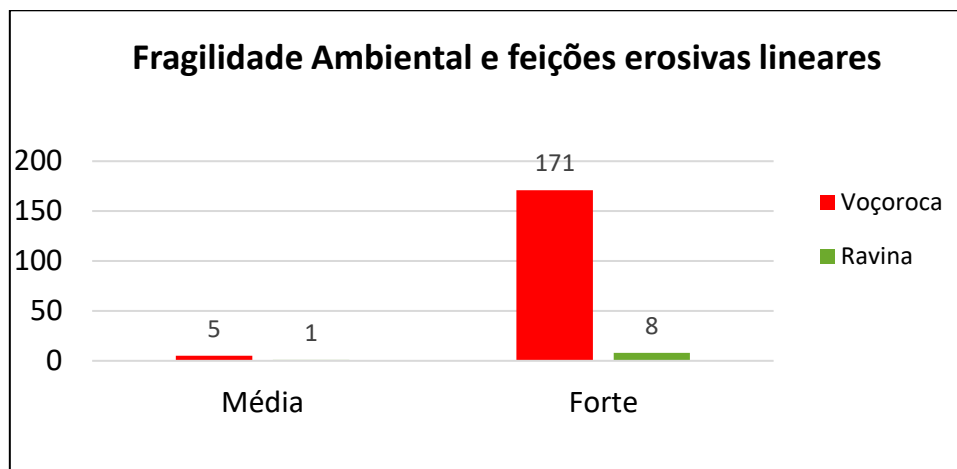
presença de erosões nas áreas de fragilidade ambiental Forte. Esse resultado apresenta-se bastante coerente pois a classe de Fragilidade Emergente Forte é aquela de maior ocorrência na área de estudo (66%).

Figura 29 - Mapa de fragilidade ambiental (emergente) com a localização das feições erosivas identificadas no município de Anhumas – SP



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

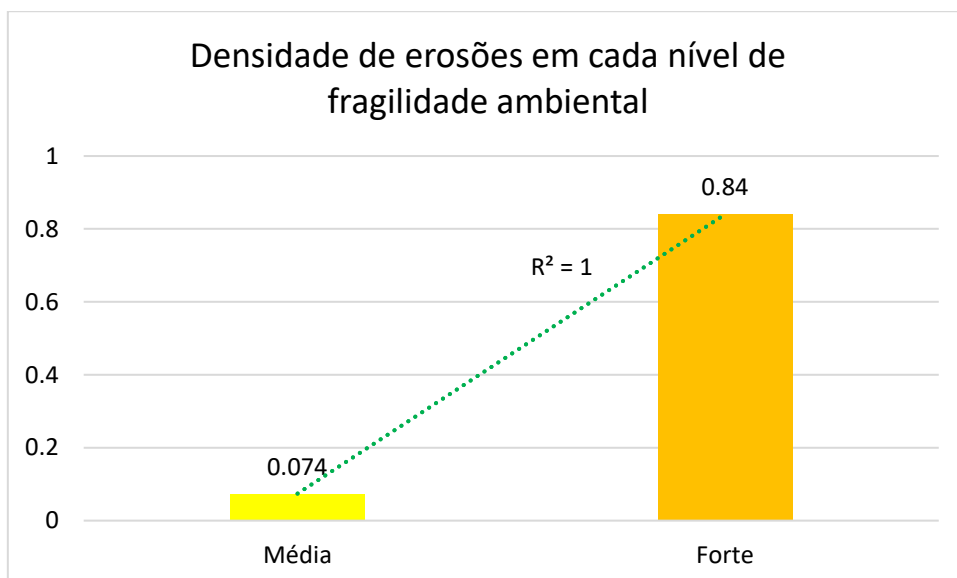
Gráfico 11 - Distribuição das feições erosivas por classes de fragilidade ambiental no município de Anhumas-SP



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

O gráfico 12 apresenta a densidade de erosões em cada classe fragilidade ambiental. Observa-se a maior densidade de erosões nas áreas de fragilidade Forte. A linha de tendência demonstra correlação de 100% entre a densidade de erosões e os níveis de fragilidade ambiental.

Gráfico 12 - Densidade de erosões em cada nível de Fragilidade Ambiental (Emergente)



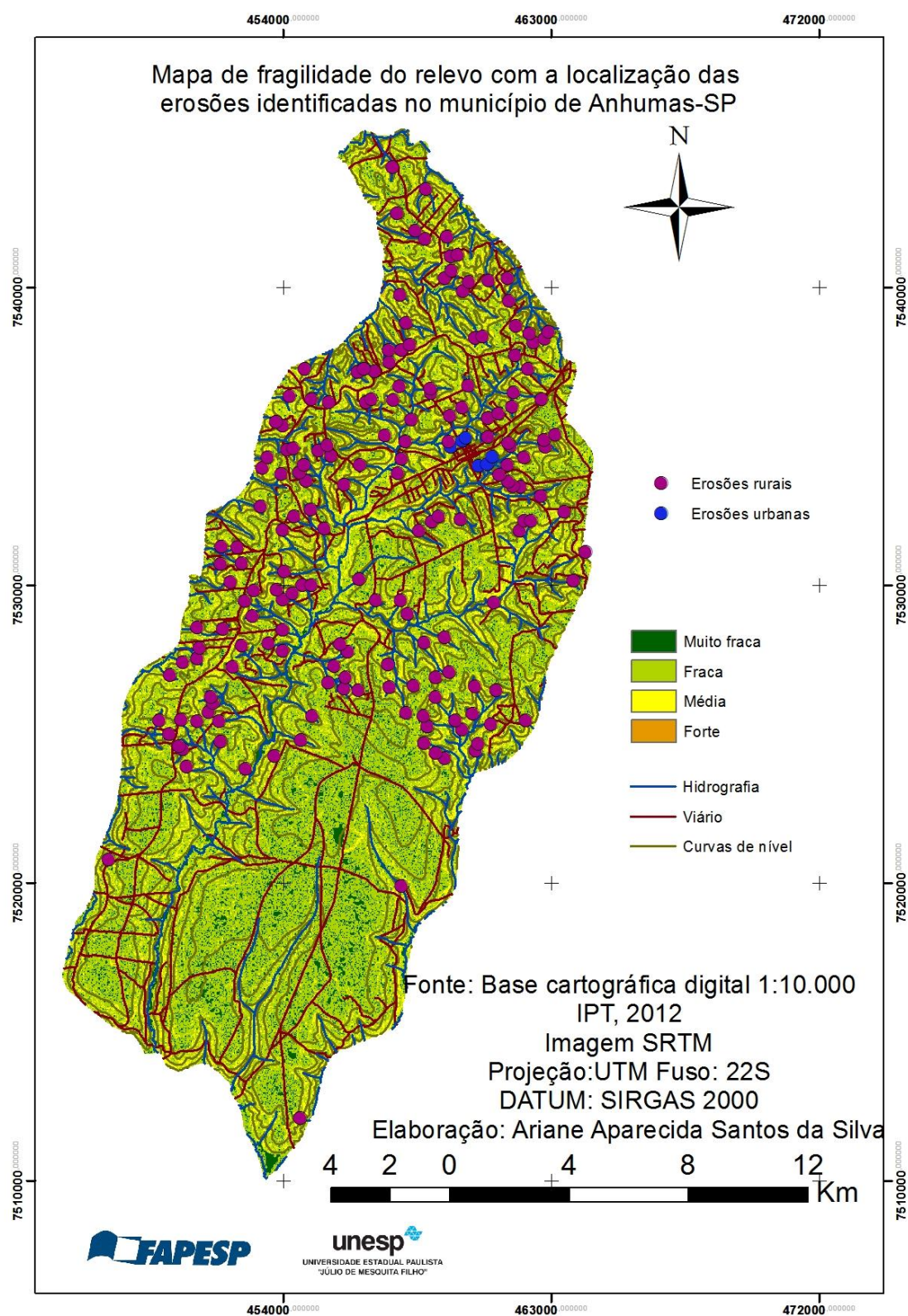
Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Com o intuito de identificar qual ou quais variáveis apresentam maior contribuição para a deflagração de processos erosivos lineares na área de estudos, apresentam-se a seguir mapas e gráficos que relacionam as erosões à variável geomorfológica (fragilidade do relevo), à variável pedológica (tipos de solos) e aos tipos de usos e ocupação do solo.

A figura 30 corresponde ao mapa de fragilidade do relevo com a localização das erosões identificadas no município de Anhumas-SP.

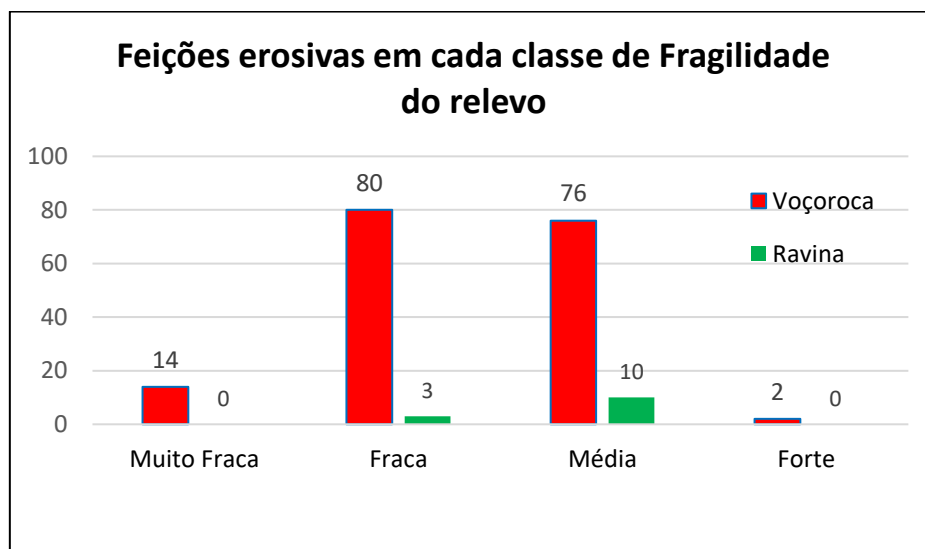
O gráfico 13 representa distribuição das feições erosivas de acordo com os níveis de fragilidade do relevo definidas na área de estudo. Observa-se a maior presença de erosões do tipo voçoroca e do tipo ravina nas classes de fragilidade do relevo Fraca e Média. As voçorocas aparecem em número um pouco maior nas áreas de fragilidade Fraca e as ravinas se concentram em maior número nas áreas de fragilidade Média.

Figura 30 - Mapa de fragilidade do relevo com a localização das erosões identificadas no município de Anhumas – SP



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

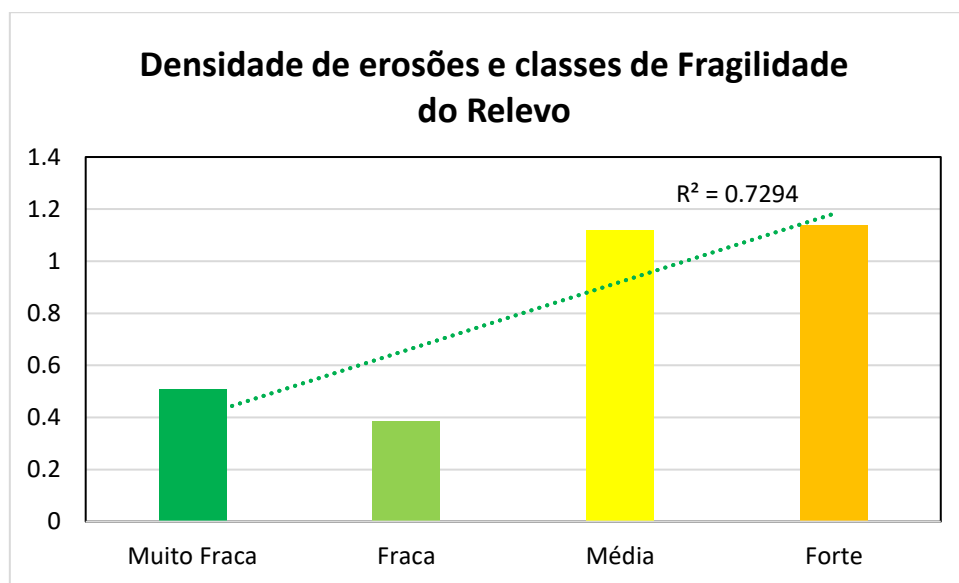
Gráfico 13 - Distribuição das feições erosivas nas classes de fragilidade do relevo no município de Anhumas-SP



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

O gráfico 14 apresenta a densidade de erosões em cada classe fragilidade do relevo. Observa-se a maior densidade de erosões nas áreas de fragilidade do relevo Média e Forte. A linha de tendência demonstra correlação de aproximadamente 73% entre a densidade de erosões e os níveis de fragilidade.

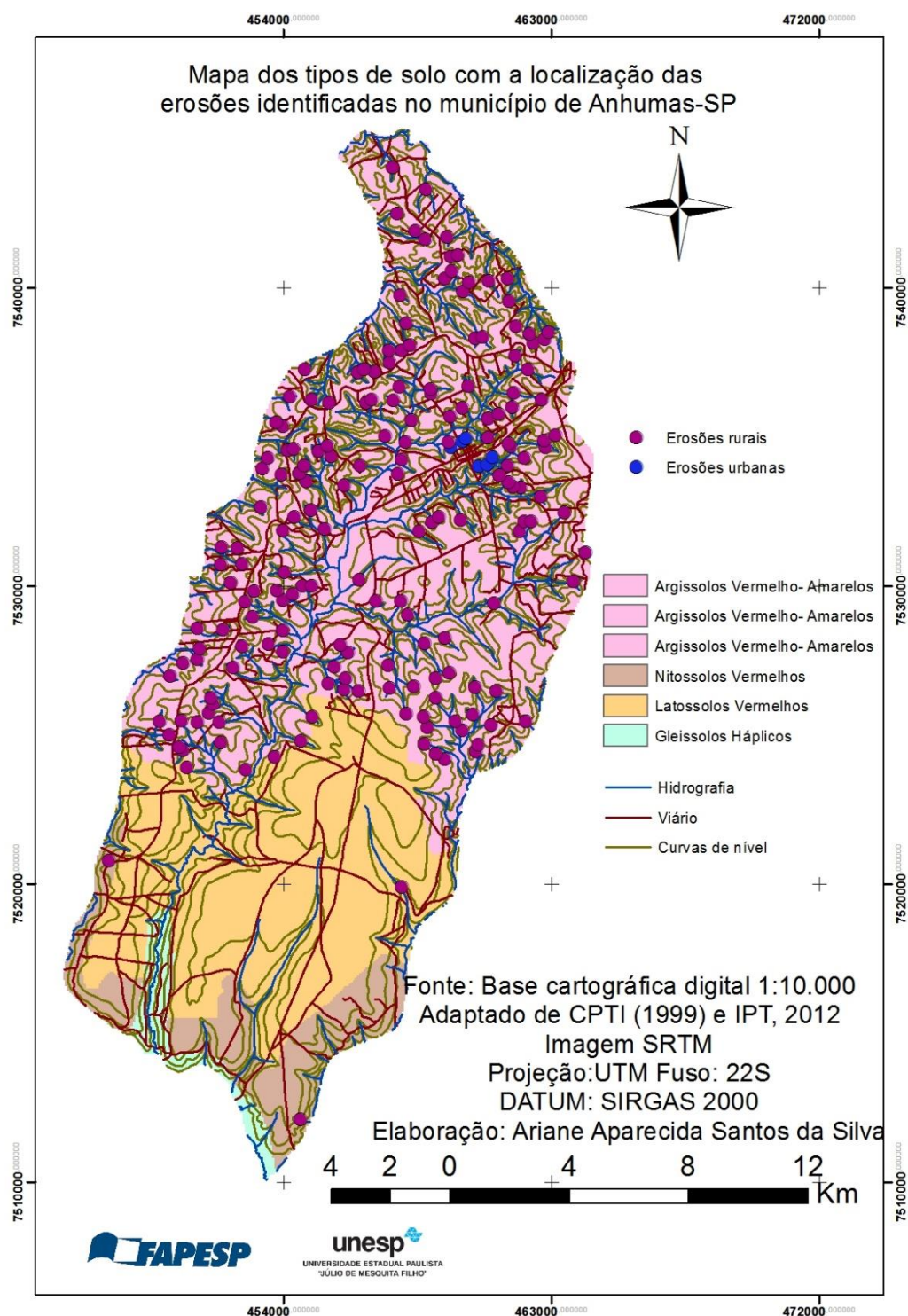
Gráfico 14 Densidade de erosões em cada nível de fragilidade do relevo.



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Na figura 31 apresenta-se o mapa dos tipos de solos com as erosões identificadas no município de Anhumas-SP.

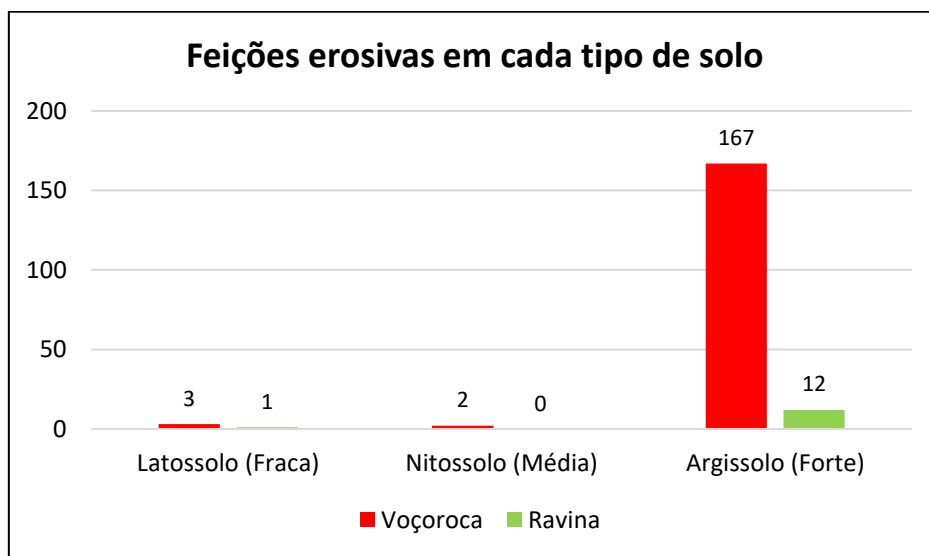
Figura 31 Mapa dos tipos de solos com a localização das erosões identificadas no município de Anhumas – SP



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

O gráfico 15 representa distribuição das feições erosivas de acordo com os níveis de fragilidade dos tipos de solo na área de estudo. Observa-se a maior presença de erosões do tipo voçoroca e do tipo ravina nos Argissolos Vermelho-Amarelos (classe de fragilidade Forte).

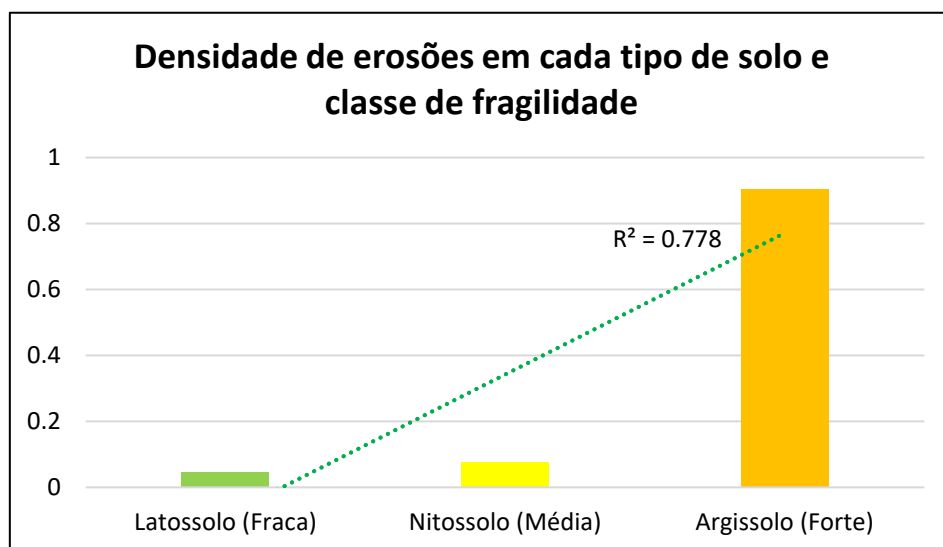
Gráfico 15 - Distribuição das feições erosivas nas classes de fragilidade dos solos no município de Anhumas-SP



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

O gráfico 16 apresenta a densidade de erosões em cada tipo de solo. Observa-se a maior presença de erosões nos solos do tipo Argissolos (Fragilidade Forte). A linha de tendência demonstra correlação de aproximadamente 78% entre a densidade de erosões e os níveis de fragilidade atribuídos para cada tipo de solo.

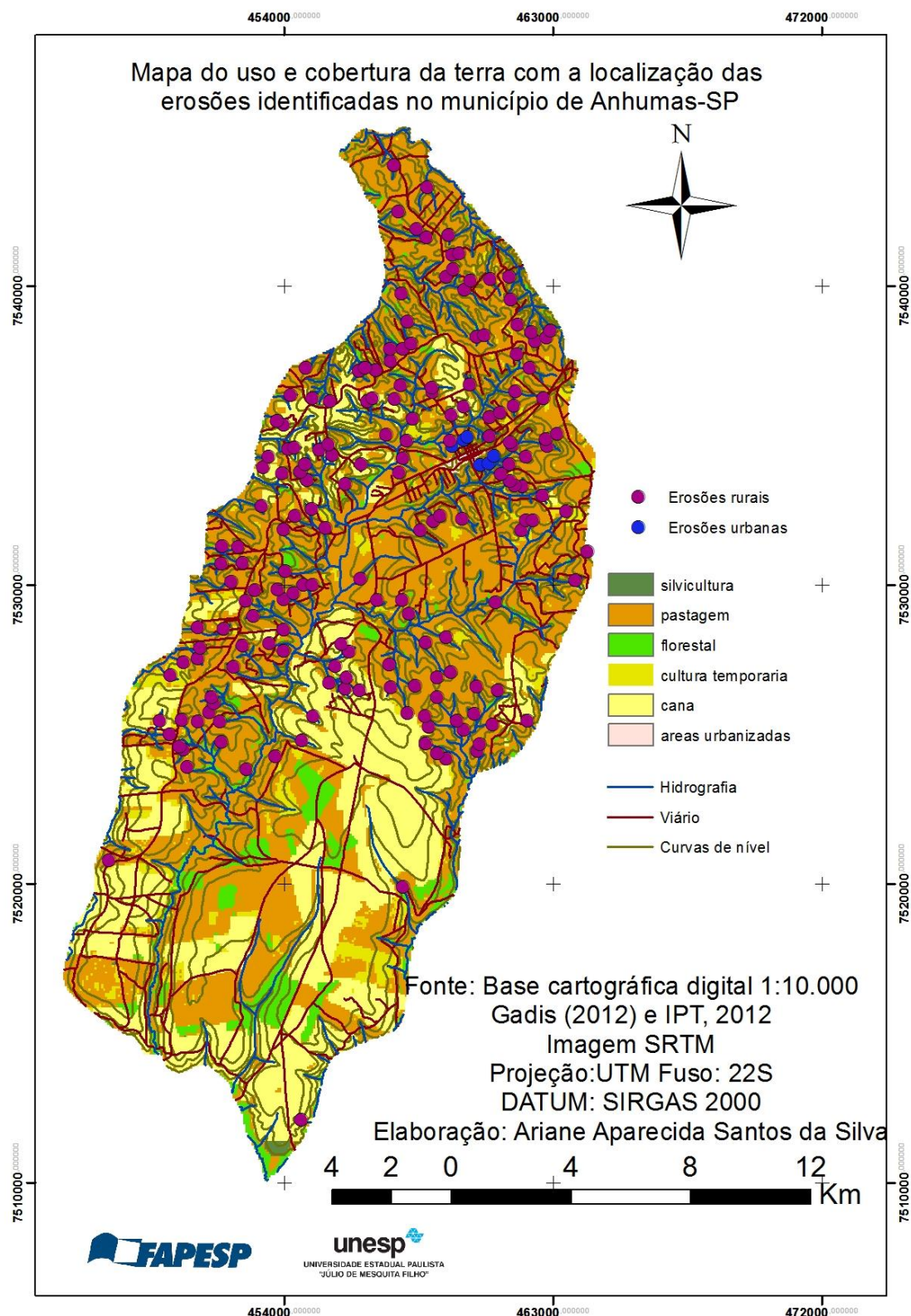
Gráfico 16 - Densidade de erosões em cada tipo de solo e classe de fragilidade



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

A figura 32 apresenta o mapa do Uso e Cobertura da Terra com a localização das erosões identificadas no município de Anhumas-SP.

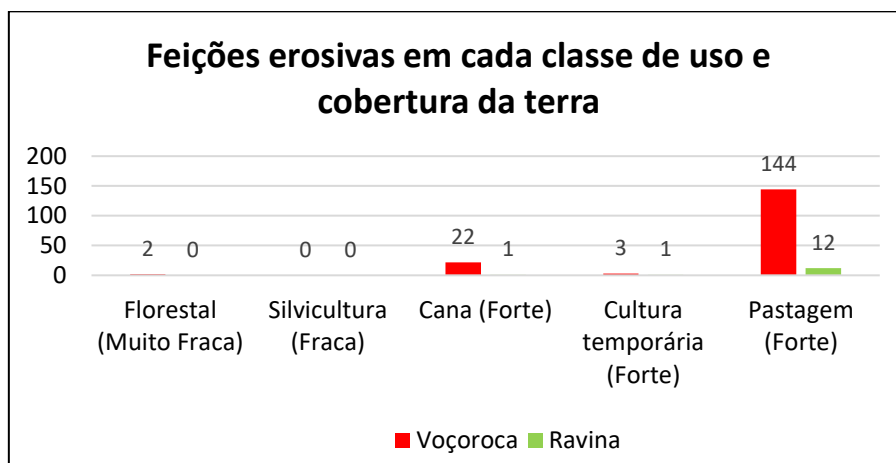
Figura 32 - Mapa do uso e cobertura da terra com a localização das erosões identificadas no município de Anhumas – SP



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

O gráfico 17 representa a distribuição das feições erosivas de acordo com os níveis de fragilidade das classes de uso e cobertura da terra na área de estudo. Observa-se a maior presença de erosões do tipo voçoroca e do tipo ravina nas áreas de pastagem (classe de fragilidade Forte).

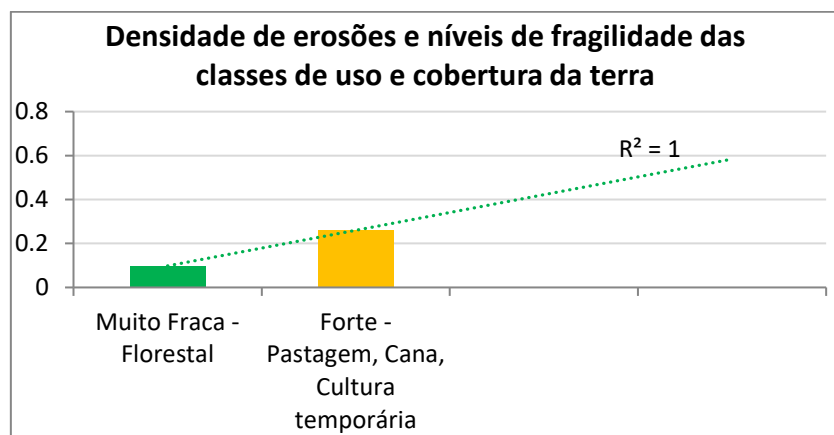
Gráfico 17 - Distribuição das feições erosivas nas classes de uso e cobertura da terra no município de Anhumas-SP



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

O gráfico 18 apresenta a densidade de erosões em cada classe de uso e cobertura da terra. Observa-se a maior presença de erosões nas áreas ocupadas por pastagens, culturas temporárias e cana (Fragilidade Forte). A linha de tendência demonstra correlação de 100% entre a densidade de erosões e os níveis de fragilidade atribuídos para cada classe de uso e cobertura da terra.

Gráfico 18 - Densidade de erosões em cada classe de uso e cobertura da terra e nível de fragilidade.



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Conforme foi possível constatar, a variável uso e cobertura da terra foi a que apresentou melhor correlação com a ocorrência de erosões lineares ($R^2=1$), enquanto os solos apresentaram $R^2= 0.778$ e o relevo $R^2= 0.729$.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa teve como objetivo principal o entendimento de quais variáveis que contribuem para a ocorrência de processos erosivos na área de estudo através da aplicação do modelo de fragilidade ambiental de Ross (1994). Para a produção do mapa de fragilidade ambiental (emergente) foram elaborados mapas temáticos intermediários e foram consultadas referências bibliográficas a respeito do tema e da região para nos auxiliar no diagnóstico do problema.

A respeito das referências bibliográficas, o que pudemos perceber é que a região do Pontal do Paranapanema aonde está inserida a área de estudo possui um histórico de processo de ocupação baseado em vários ciclos econômicos que implementaram diversas atividades agropastoris na região e no município e isso fez com que fosse se acumulando impactos que culminaram com a degradação dos solos.

A partir dos mapas temáticos pudemos perceber que a variável uso e cobertura da terra, sobretudo em função da presença de pastagens, plantio de cana e culturas temporárias, possui importância significativa na deflagração de processos erosivos lineares. Esses resultados foram expressos no mapa de fragilidade ambiental, cujo resultado foi a predominância do nível de fragilidade ambiental Forte, enquanto que o mapa de fragilidade potencial apontou a predominância de níveis de fragilidade Média.

A correlação entre os mapas de fragilidade potencial e fragilidade emergente com os focos erosivos identificados na área, indicaram que os modelos preditivos correspondem à realidade verificada na área, sendo, portanto, importantes ferramentas para subsidiar diagnósticos e zoneamentos ambientais.

Para diminuir ou evitar os processos erosivos na área de estudo podemos aplicar técnicas de cultivo ao solo como a plantação em curvas de nível, usando as faixas de retenção, formação terraços, cordões de contorno e obras de drenagem para o controle de escoamento superficial.

Assim, acredita-se que a pesquisa contribuiu para um melhor conhecimento acerca das fragilidades do meio físico face às intervenções antrópicas na área de estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, D. S. Formação histórica de uma cidade pioneira paulista: Presidente Prudente. **Presidente Prudente: FFCLPP, 1972.**

AMARAL, R. do., ROSS, J. L. S. As unidades ecodinâmicas na análise da fragilidade ambiental do Parque Estadual do Morro do Diabo e entorno, Teodoro Sampaio/SP. Revista Geousp nº 26, p. 59 – 78, São Paulo, 2009.

ARAÚJO, D. E. Considerações sobre as obras de controle de erosão do solo urbano no estado de São Paulo. Anais do 5º Simpósio Nacional de Controle de Erosão, Bauru - SP, 63-68. (1995).

CANIL, K., IWASA, O.Y., SILVA, W.S. e ALMEIRA, L.E.G. Mapa de feições erosivas lineares do estado de São Paulo: uma análise qualitativa e quantitativa. In: Anais do 5º Simpósio Nacional de Controle de Erosão, Bauru - SP, 249-251. (1995).

CATARINO, J.A.P. Atuação do Movimento S.O.S. Rio Santo Anastácio no controle de erosão. In: Anais do 5º Simpósio Nacional de Controle de Erosão, Bauru - SP, 115-118. (1995).

CAVAGUTI, N. Análise global da erosão linear na área urbana de Bauru-SP. Anais do 5º Simpósio Nacional de Controle de Erosão, Bauru-SP, 301-304. (1995)

CARVALHO, W.A., ACHÁ, L., FREIRE, O., NINELO, E. R de F., MORAES, M. H. e CAETANO, A. Solos do Oeste do Estado de São Paulo. XXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Viçosa-MG, vol.III, 1712-1714. (1995).

CARVALHO, J. C.; SALES, M. M.; SOUZA, N. M.; MELO, M. T. S. (Orgs.) Processos erosivos no Centro-Oeste brasileiro. Brasília: FINATEC, 2006.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. Ed. Edgar Blucher, São Paulo, 2ª edição., 1980.

CREMON, E.H., ZAPAROLI, F.C.M. Análise Comparativa entre quatro metodologias de fragilidade ambiental na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Jangada, Noroeste Paulista. VIII Simpósio Nacional de Geomorfologia, III Encontro Latino Americano de Geomorfologia, I Encontro Ibero-Americano de Geomorfologia, I Encontro Ibero- Americano do Quaternário. Recife- PE, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2006.

FERREIRA, N. H.; FERREIRA, C. A. B. V.; MOROZ-CACCIA GOUVEIA, I. C. Mapa de Fragilidade Ambiental como auxílio para o Planejamento Urbano

e Gestão de Recursos Hídricos, FÓRUM AMBIENTAL DA ALTA PAULISTA, vol. 12, ANAP, Tupã, 2016, p.44-58. Disponível em: https://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum_ambiental/article/view/1411/1433

FENDRICH, R. Drenagem e controle de erosão Urbana. Editora Universitária Champagnat, 4a edição, Curitiba, 1984.

FIBGE, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Contagem da População, 1996.

FRANCISCO, A. B. A erosão de solos no extremo oeste paulista e seus impactos no campo e na cidade. Rev. GEOMAE, v.2. n.2, Campo Mourão, PR, 2011, p.57 – 68.

GUERRA, A.J. T. Geomorfologia do Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001

GUERRA, A. J. T. A erosão de solos no contexto social. Anuário do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro, v. 17, Rio de Janeiro, 1994, p. 14-23.

GUERRA, A. T. Dicionário geológico e geomorfológico. Rio de Janeiro: IBGE, 1980.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2018.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas. 2015

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Cadastramento de pontos de erosão e inundação no Estado de São Paulo, **RELATÓRIO TÉCNICO 131.057 – 205 Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE, 2012.**

IPT- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO Programa Orientações Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE, 1997

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Mapa geomorfológico do estado de São Paulo. São Paulo: IPT, 1981a. 2v

KERTZMAN, F. F., RIBEIRO, F. C.; CANIL, K e ALMEIDA, L. E. G. (1995). Erosão no Estado de São Paulo: bacias hidrográficas críticas. In: Anais do 5º Simpósio Nacional de Controle de Erosão, Bauru-SP, 221-224.

LAL, R. Soil management in the developing countries. **Soil Science**, v. 165, n. 1, p. 57-72, 2000.

LEITE, J.F. A Alta Sorocabana e o espaço polarizado de Presidente Prudente. Presidente Prudente: FCLPP, 1972.

LUPA. São Paulo. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. Instituto de Economia Agrícola. Levantamento censitário de unidades de produção agrícola do Estado de São Paulo - LUPA 2007/2008. São Paulo: SAA/CATI/IEA, 2008. Disponível em: <http://www.cati.sp.gov.br/conselhos/arquivos_mun/027_19_08_2011_PMDRS_Anhumas1.pdf>. Acesso em: nov./2018.

MARQUES, J.S. (1994) Ciência Geomorfológica in GUERRA, A.T. & CUNHA, S.B. (1994) (Org.) Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. Ed. Bertrand do Brasil, Rio de Janeiro, 1994.

MAURO, J. R. Carta de susceptibilidade à erosão da área para bacia do Prosa, Campo Grande – MS: Escala 1:15.000. Ilha Solteira. **Tese de Mestrado – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, 2001.**

MENDES, P.P.M. Processos erosivos em área urbana: Condomínio Privê, cidade satélite Ceilândia-DF. VII Congresso Brasileiro dos Geógrafos. Vitória - ES, 2014.

MODAELLI, S. D. de O.; SABBAG, E. G.; PRANDI, E. C.; FELIX, U. T.; CARNESSECA, L. F. Controle das erosões urbanas no estado de São Paulo. In: VIII Simpósio Nacional de Controle de Erosão, São Paulo. Anais (CD-ROM). ABGE. 2009.

MORTARI, D. Caracterização geotécnica e análise do processo evolutivo das erosões no Distrito Federal. **Dissertação de mestrado em Geotecnia- UnB, Brasília, DF, 1995.**

MOROZ- CACCIA GOUVEIA, I.C. Da originalidade do sítio urbano de São Paulo às formas antrópicas: aplicação da abordagem da Geomorfologia Antropogênica na Bacia Hidrográfica do Rio Tamanduateí, na Região Metropolitana de São Paulo. **Tese de Doutorado (Departamento de Geografia da FFLCH), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.**

OLIVEIRA, A.R. Bairros rurais de Anhumas-SP: Espaço, História e Organização. **Faculdade de Ciências e Letras (UNESP). Araraquara-SP. 2006.**

OLIVEIRA, J.B., JACOMINE, P.K.T. e CAMARGO, M.N. (1992). Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento. **Jaboticabal, 201p.**

OLIVEIRA, J.B. de at. Mapa Pedológico do Estado de São Paulo. Escala: 1:500.000. **1999. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas – IAC. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 1999.**

PENTEADO, M. M. Fundamentos de Geomorfologia. **IBGE, Secretaria de Planejamento da Presidência da República. 2ª edição. Editora Bertran Brasil, Rio de Janeiro, 1978.**

PERUSI, Maria Cristina. Alterações antrópicas de argissolos decorrentes do uso e manejo e reflexos na densidade demográfica do Município de Anhumas - SP. 2001. xii, 102 f. **Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, 2001.**

PRUSKI, F. F. Prejuízos decorrentes da erosão hídrica e tolerância de perdas de solo. In: **PRUSKI, F. F** Conservação de solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica. **Viçosa – MG: Editora UFV, 2006. Cap. 1, p.13-23.**

QUEIROZ NETO, J.P., FERNANDES BARROS, O. N., MANFREDINI, S., PELLERIN, J. e SANTANA, M.A. Comportamento hídrico dos solos e erosão no Plateau de Marília. Anais do 5º Simpósio Nacional de Controle de Erosão, Bauru-SP, **169-173.**

RESENDE, M., CURI, N., REZENDE, S.B, e CÔRREA, G.F. (1995). Pedologia: base para distinção de ambientes. **Viçosa. NEPUT, 304p.**

ROSS, J. L. S. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. Revista do Departamento de Geografia nº 8, **São Paulo, 1994. p. 63-74.**

ROSS, J. L. S. Análise e Síntese na Abordagem Geográfica da Pesquisa para Planejamento Ambiental. Revista do Departamento de Geografia, nº 9, **São Paulo, 1995. p. 165-175.**

ROSS, J.L.S., SPORL, C. Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos. **GEOUSP – Espaço e Tempo, São Paulo, Nº 15, pp. 39-49, 2004.**

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. São Paulo: Laboratório de Geomorfologia – Departamento de Geografia-FFLCH/USP/Laboratório de Cartografia Geotécnica - Geologia Aplicada – IPT/FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, **1997. Escala 1:500.000.**

SARQUIS, S. Modificações antrópicas do solo: influência na dinâmica econômica e populacional do município de Martinópolis. **Dissertação (Mestrado em Geografia/ Desenvolvimento Regional e Planejamento Ambiental) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 1996.**

SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO. Relatório de Qualidade Ambiental do Estado de São Paulo de 2006, **SMA, São Paulo, 2007.**

SILVA, W. S., KERTZMAN, F. F., CANIL, K e IWASA, O. Mapa de Erosões Lineares do Estado de São Paulo. XXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, **Viçosa-MG, vol. III, 1764-1766. (1995).**

SILVEIRA, H. Modificações resultantes da ação antrópica no solo- uso e manejo e reflexos no meio rural do município de Cidade Gaúcha-PR. **Dissertação (Mestrado em Geografia/ Desenvolvimento Regional e Planejamento Ambiental) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 1997.**

STRAHLER, A. Dynamic basic of Geomorphology. **Geol. Soc. America Bulletin 63, 1952.**

TOMINAGA, L. K.: SANTORO, J. & AMARAL, R. do (Orgs). Desastres naturais: conhecer para prevenir, **Instituto Geológico, São Paulo, 2009, 196p.**

TRICART, J. Ecodinâmica. **Rio de Janeiro, IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN,1977.**

VALERIANO, M.M. Curvatura vertical em microbacias pela análise de modelos digitais de elevação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.7, n.3, p.539-546, 2003.**

VELOSO, A.J.G. Importância do Estudo das Vertentes. **GEOgraphia. V.8, n.8. 2002.**

VIEIRA, L. S. Manual de Ciência do Solo: com ênfase aos solos tropicais. **Agronômica Ceres, São Paulo, 464 p. (1988).**