

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
ENGENHARIA AMBIENTAL**

MICHELI FERREIRA

**MAPEAMENTO E ANÁLISE DA FRAGILIDADE POTENCIAL DA
ÁREA URBANA E PERIURBANA DO MUNICÍPIO DE SÃO MIGUEL
DO IGUAÇU - PR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MEDIANEIRA

2017

MICHELI FERREIRA

**MAPEAMENTO E ANÁLISE DA FRAGILIDADE POTENCIAL DA
ÁREA URBANA E PERIURBANA DO MUNICÍPIO DE SÃO MIGUEL
DO IGUAÇU - PR**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial à
obtenção do título de Engenheira
Ambiental, da Universidade Tecnológica
Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Anderson Sandro da
Rocha

MEDIANEIRA

2017



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Ponta Grossa

Nome da Diretoria
Nome da Coordenação
Nome do Curso



TERMO DE APROVAÇÃO

MAPEAMENTO E ANÁLISE DA FRAGILIDADE POTENCIAL DA ÁREA URBANA E PERIURBANA DO MUNICÍPIO DE SÃO MIGUEL DO IGUAÇU – PR

por

MICHELI FERREIRA

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado às 14 hrs do dia 29 de novembro de 2017 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Anderson Sandro da Rocha
Orientador

Prof. Dr. Vanderlei Leopoldo Magalhães
Membro titular

Prof. Dr. Fábio Palczewski Pacheco
Membro titular

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

Dedico este trabalho à todas as pessoas
que de uma forma ou de outra me
apoiaram durante essa trajetória.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades e chegar até aqui.

Ao meu marido, Silmar, que esteve ao meu lado nos momentos bons e nos momentos difíceis dessa etapa, sendo compreensivo e me dando o apoio necessário, para que assim eu não desanimasse no meio do caminho.

Aos meus pais, que com toda humildade e simplicidade ensinaram-me a ser uma pessoa decente, honesta e a lutar por meus sonhos e convicções. Espero que um dia eu possa dar a vocês, um pouco do orgulho que sinto quando os vejo.

A minha mana Grazielle, que sempre me orientou e me deu forças para prosseguir com meus estudos, me apoiando, aconselhando e auxiliando quando eu mais precisava. Sem você Nega, eu não teria chegado até aqui.

A todos os professores que contribuíram com minha formação, meu crescimento profissional e pessoal, agradeço imensamente pelo conhecimento e conselhos partilhados.

Ao meu querido orientador, Professor Dr. Anderson Sandro da Rocha, espero um dia ser capaz de retribuir toda a dedicação, auxílio e paciência para que este trabalho chegasse ao seu resultado final, muito obrigada!

A todos os amigos e colegas que cruzaram meu caminho e de forma direta ou indireta contribuíram de alguma maneira para que eu chegasse até aqui, em especial ao Anmoran, Ana e Luciléia. Jamais esquecerei os anos que passamos juntos, foram inúmeros momentos que me fazem sorrir e agradecer a Deus por ter colocado vocês na minha vida.

Por fim, a todos o meu muito obrigado.

“Podemos acreditar no futuro e trabalhar para atingi-lo e preservá-lo ou podemos andar cegamente em círculos, comportando-nos como se um dia não fossem mais existir crianças para herdar nosso legado. A escolha é nossa; a Terra está em jogo”.

(Al Gore)

RESUMO

FERREIRA, Micheli. **Mapeamento e Análise da Fragilidade Potencial da Área Urbana e Periurbana do Município de São Miguel do Iguaçu - PR.** 2017. 72f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2017.

A fragilidade ambiental potencial pode ser entendida como sendo a vulnerabilidade de um sistema em sofrer interferências associando características inerentes e externas a ele. Seu estudo é de grande importância para o planejamento ambiental urbano e rural, visto que a identificação de ambientes frágeis proporciona uma melhor escolha das ações a serem tomadas no espaço físico-territorial. Diante disso, utiliza-se o mapeamento da fragilidade ambiental potencial associado com os usos e ocupações da terra, com o intuito de minimizar e até mesmo evitar os impactos ambientais negativos decorrentes das ocupações e usos antrópicos. Com base nessas premissas, a presente pesquisa tem o objetivo de mapear e analisar a fragilidade ambiental potencial da área urbana e periurbana do município de São Miguel do Iguaçu, localizado na região Oeste do estado do Paraná. Para tanto, os mapas temáticos foram elaborados com o auxílio de softwares. Para a elaboração do mapa de uso e cobertura da terra utilizou-se o Google Earth Pro, para o mapa pedológico e para o de declividade, utilizou-se o QGIS, versão 2.14.7. Esses mapas serviram de base para a elaboração do mapa de fragilidade ambiental potencial, em que este, posteriormente, foi associado a área urbana, agrícola, de pastagens e de vegetação florestal, separadamente, com a finalidade de identificar as fragilidades correspondentes aos diferentes tipos de uso e ocupação da terra na área de estudo. Dessa forma, verificou-se que essas áreas estão presentes em todas as fragilidades, sendo que a área urbana, agrícola e de pastagens predominam nas regiões com fragilidade baixa e as áreas de vegetação predominam nas regiões com fragilidade alta e também em regiões próximas a cursos de rio. As áreas urbanas, agrícolas e de pastagens em que se observa uma fragilidade ambiental muito alta, necessitam de uma maior atenção, uma vez que são mais suscetíveis ao desenvolvimento de processos erosivos, sendo necessário a adoção de práticas conservacionistas e medidas de correção. Portanto, este estudo poderá colaborar como uma forma de subsídio para o planejamento ambiental urbano e rural da área urbana e periurbana do município de São Miguel do Iguaçu - PR.

Palavras-chave: Mapas temáticos. Geoprocessamento. Planejamento ambiental. Fragilidade Ambiental.

ABSTRACT

FERREIRA, Micheli. **Mapping and Analysis of the Potential Fragility of the Urban and Periurban Areas of São Miguel do Iguçu City - PR.** 2017. 72f. Term paper (Bachelor's degree in Environmental engineering) – Federal University of Technology of Paraná. Medianeira, 2017.

Potential environmental fragility can be understood as the vulnerability of a system to suffer interference by associating to it inherent and external characteristics. Its study has great importance for urban and rural environmental planning, since the identification of fragile environments provides a better choice of actions to be taken in the physical-territorial space. Therefore, the mapping of potential environmental fragility associated with soil uses and occupations is made to minimize and even avoid negative environmental impacts resulting from occupations and man-made uses. Based on this, this research aims at to map and analyze the potential environmental fragility of the urban and periurban area of the city São Miguel do Iguçu, located in the western region of the state of Paraná. For that, the thematic maps were elaborated with softwares help. For the elaboration of the map of soil use and occupation, we used Google Earth Pro, for the pedological map and for the declivity one was used the QGIS, version 2.14.7. These maps served as a basis for the mapping of potential environmental fragility, which later was associated with urban, agricultural, pasture and forest vegetation areas, separately, in order to identify the fragilities corresponding to different types of use and occupation of soil in the study area. In this way, it was verified that these areas are present in all fragilities, and the urban, agricultural and pasture areas predominate in regions with low fragility and vegetation areas predominate in regions with high fragility and also in regions close to river ways. Urban, agricultural, and pasture areas in which very high environmental fragility is observed require greater attention, since they are more susceptible to the development of erosive processes, requiring the use of conservation practices and corrective actions. Therefore, this study might cooperate as a form of subsidy for the urban and rural environmental planning of the urban and periurban area of São Miguel do Iguçu city - PR.

Keywords: Thematic maps. Geoprocessing. Environmental planning. Environmental Fragility.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da área de estudo.	26
Figura 2 – Mapa Hipsométrico da área urbana e periurbana de São Miguel do Iguaçu	28
Figura 3 - Retângulo envolvente da região de estudo, contendo a área urbana e periurbana de São Miguel do Iguaçu.....	29
Figura 4 - Mapa de Uso e Cobertura da Terra da área de estudo de São Miguel do Iguaçu	34
Figura 5 - Mapa Pedológico da área de estudo de São Miguel do Iguaçu	38
Figura 6 - Mapa Pedológico com a sobreposição da área urbana de São Miguel do Iguaçu	39
Figura 7 - Mapa de Declividade da área de estudo de São Miguel do Iguaçu	42
Figura 8 - Mapa de declividade com a sobreposição da área urbana de São Miguel do Iguaçu.....	44
Figura 9 - Mapa de Fragilidade Potencial da área de estudo de São Miguel do Iguaçu	46
Figura 10 - Mapa da Fragilidade Potencial com a sobreposição da área urbana de São Miguel do Iguaçu.....	51
Figura 11 - Mapa de Fragilidade Potencial com a sobreposição das áreas agrícolas de São Miguel do Iguaçu.....	53
Figura 12 - Mapa de Fragilidade Potencial com a sobreposição das áreas de pastagem e de vegetação de São Miguel do Iguaçu.....	55

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 - Lançamento clandestino de esgoto em um rio no município de São Miguel do Iguaçu.....	37
Fotografia 2 - Área de expansão urbana em região de Neossolo Litólico no município de São Miguel do Iguaçu.....	41
Fotografia 3 - Área com classe de Fragilidade Potencial muito fraca no município de São Miguel do Iguaçu.....	47
Fotografia 4 - Área com classe de Fragilidade Potencial média no município de São Miguel do Iguaçu.....	48
Fotografia 5 - Área com classe de Fragilidade Potencial muito forte no município de São Miguel do Iguaçu.....	49
Fotografia 6 - Área com ocupação urbana e fragilidade muito forte no município de São Miguel do Iguaçu.....	52
Fotografia 7 - Curso hídrico utilizado para a dessedentação de animais no município de São Miguel do Iguaçu.....	56

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Graus de fragilidade em decorrência dos tipos de solos.....	31
Quadro 2 - Graus de proteção por tipos de cobertura vegetal e uso da terra	32
Quadro 3 - Graus de fragilidade em decorrência da declividade.....	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Áreas e respectivas porcentagens referentes as frações de uso e cobertura da terra da região de estudo	35
---	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1 OBJETIVOS.....	14
1.1.1. Objetivo Geral.....	14
1.1.2. Objetivos Específicos.....	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1.DEFINIÇÕES SOBRE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL E SUAS IMPLICAÇÕES.....	15
2.2.IMPORTÂNCIA DO PLANEJAMENTO AMBIENTAL.....	17
2.3.MAPEAMENTO E ANÁLISE DA FRAGILIDADE AMBIENTAL APLICADA À ESTUDOS URBANOS E PERIURBANOS	19
2.4.OS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA APLICADOS AOS ESTUDOS AMBIENTAIS	22
3. METODOLOGIA.....	26
3.1.DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	26
3.2.ELABORAÇÃO DAS CARTAS TEMÁTICAS	29
3.3.ELABORAÇÃO DAS CARTAS DE FRAGILIDADE.....	31
3.4.PROPOSTAS DE CONTENÇÃO E CONSERVAÇÃO.....	33
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
4.1.IDENTIFICAÇÃO DO USO E COBERTURA DA TERRA	34
4.2.ANÁLISE DO MAPEAMENTO DAS CLASSES DE SOLO E DAS CLASSES DE DECLIVIDADE DA ÁREA URBANA E PERIURBANA DE SÃO MIGUEL DO IGUAÇU	37
4.3.ANÁLISE DO MAPEAMENTO DA FRAGILIDADE POTENCIAL DA ÁREA URBANA E PERIURBANA DE SÃO MIGUEL DO IGUAÇU	45
4.4.RECOMENDAÇÕES DE AÇÕES E PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS PARA AS ÁREAS COM GRAUS DE FRAGILIDADE AMBIENTAL ELEVADO.	57
4.4.1. Recomendações para áreas urbanizadas com fragilidade média a muito alta.....	57
4.4.2 Recomendações para áreas agrícolas com fragilidade média a muito alta	59
4.4.3 Recomendações para áreas de pastagem com fragilidade média a muito alta.....	61
4. CONCLUSÃO.....	63
REFERÊNCIAS.....	65

1. INTRODUÇÃO

As cidades atuais apresentam um grande crescimento populacional, fazendo com que as áreas urbanas se tornem palco de diversos problemas ambientais, principalmente, devido à falta de conhecimento do meio físico, no momento da ocupação de novas áreas, pela população.

Muitos problemas que são enfrentados pelas pessoas que residem em cidades, são provenientes de ocupações de áreas geológicas/geomorfológicas ambientalmente instáveis. Dessa forma, é de suma importância uma análise ambiental dessas áreas para o planejamento ambiental urbano, sendo necessário o conhecimento minucioso das regiões de instalação e sua expansão.

Para auxiliar no planejamento ambiental urbano, existem vários instrumentos, dentre eles as cartas temáticas, que têm por finalidade, a identificação de características ambientais e antrópicas de uma dada região, como por exemplo a declividade, a distribuição das classes de solo, assim como o uso e ocupação da terra.

Na elaboração das cartas temáticas, tem se utilizado, frequentemente, softwares de geoprocessamento, pois estes permitem identificar e localizar os tipos de usos e ocupações das áreas de estudos, que somados à declividade e classes do solo, proporcionam a elaboração de cartas de fragilidade ambiental.

Por conseguinte, tanto os órgãos públicos quanto os órgãos privados, se baseiam em mapas de fragilidade ambiental para o planejamento ambiental urbano, uma vez que é possível relacionar os ambientes com suas áreas de risco potencial, amparando-os assim, nas tomadas de decisões.

Dessa forma, é possível analisar e monitorar áreas com riscos ambientais, e posteriormente utilizar-se de técnicas de contenção e conservação visando a recuperação ambiental.

Para Spörl e Ross (2004), os estudos desenvolvidos sobre fragilidade ambiental são de extrema importância para o planejamento ambiental, pois permitem uma melhor organização e programação das ações preventivas e corretivas, podendo ser desenvolvidas no local, logo após a identificação dessas áreas frágeis.

Assim, no planejamento ambiental urbano, as cartas de fragilidade

ambiental, auxiliam na identificação de áreas com diferentes graus de risco, que devido as suas características naturais e/ou alterações antrópicas, se tornam inadequadas para o desenvolvimento de algumas atividades, como por exemplo, para a expansão urbana.

Dessa maneira, o presente estudo tem como objetivo obter informações para a análise e mapeamento da área urbana e periurbana do município de São Miguel do Iguaçu, no estado do Paraná, no intuito de contribuir para o planejamento ambiental urbano por meio de recomendações conservacionistas para áreas que apresentarem elevado risco ambiental.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

Mapear e analisar as fragilidades ambientais da área urbana e periurbana do município de São Miguel do Iguaçu – PR.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Elaborar mapas temáticos: mapa de uso e cobertura da terra, mapa de declividade e mapa pedológico da área de estudo, visando reconhecer e mapear as fragilidades ambientais potenciais associadas a área urbana e periurbana;
- Apontar as áreas com restrições ambientais quanto a expansão urbana;
- Auxiliar no planejamento ambiental do município, por meio de recomendações de ações e práticas conservacionistas para as áreas que apresentarem graus de fragilidade ambiental elevado.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. DEFINIÇÕES SOBRE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL E SUAS IMPLICAÇÕES

Existem diversas definições sobre degradação ambiental na literatura. Para Lima e Roncaglio (2001), degradação ambiental é qualquer tipo de lesão ocasionada ao meio ambiente, por ação do ser humano, em que há a perda ou redução de algumas de suas propriedades, tais como a qualidade ou a capacidade de produção dos recursos naturais. Já para Guerra e Guerra (1997), degradação ambiental é aquela causada pelo homem quando este não respeita os limites impostos pela natureza. A degradação ambiental é mais ampla do que uma degradação pontual (dos solos, da fauna, flora, etc.), pois ela envolve a extinção de espécies animais e vegetais, poluição de recursos hídricos, assoreamento entre outros impactos que são prejudiciais tanto ao meio ambiente quanto ao homem.

Vale ressaltar que a degradação ambiental não é causada somente por ações antrópicas, apesar de ser utilizada de forma genérica para se referir as intervenções do homem na natureza. Isso fica claro em Cunha e Guerra (1998, p.342) quando dizem que “certos processos ambientais, como lixiviação, erosão, movimentos de massa e cheias, podem ocorrer com ou sem a intervenção humana”.

Meneguzzo (2006), salienta que os termos degradação ambiental e impacto ambiental não são sinônimos, apesar de muitas vezes serem utilizados, por diversos autores, como tal. Ele acentua que “a degradação ambiental é um fenômeno exclusivamente adverso enquanto o termo impacto ambiental pode se referir tanto a um aspecto positivo quanto a um aspecto negativo” (MENEGUZZO, 2006, p.16).

Mendonça e Lisita (1997), destacam que a concepção de meio ambiente fragmentado e separado do homem, somado ao modo de produção capitalista acabou originando em uma imensa degradação dos recursos naturais e uma consequente perda na qualidade de vida das pessoas.

Atualmente, vivemos em uma sociedade moderna capitalista que é marcada pelo consumismo (BUARQUE, 1993), havendo um comprometimento do individual com a lógica de acumulação, onde para se desenvolver, é necessário explorar os recursos naturais, exaurindo-os e degradando-os (GUIMARÃES, 2003).

A degradação dos recursos naturais vem atingindo níveis críticos, sendo repercutida na deterioração do meio ambiente, causando prejuízos de ordem social, econômica e ambiental, tanto no âmbito do espaço urbano quanto no âmbito do espaço rural (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990).

No espaço urbano, a degradação ambiental e a queda da qualidade de vida se acentuam, uma vez que, cursos d'água, fundos de vale e bairros da periferia dividem o mesmo espaço com o lixo e com a miséria (MENDONÇA, 1994).

Já no espaço rural, Christofolletti (2001) deixa claro que as atividades agropastoris são responsáveis pela modificação da paisagem em extensas áreas, substituindo, primeiramente, a cobertura vegetal e após, modificando o ritmo das relações entre as plantas e o solo.

Independentemente de sua condição socioeconômica, seu modo de produção ou de sua localização, todas as sociedades causam algum tipo de degradação no meio ambiente, assim sendo, tanto no espaço urbano quanto no espaço rural a degradação existe, e sua intensidade depende do tipo de atividade desenvolvida (MENEGUZZO, 2006).

De acordo com a Agenda 21 (2001, p. 18):

“A pobreza e a degradação do meio ambiente estão estreitamente relacionadas. Enquanto a pobreza tem como resultado determinados tipos de pressão ambiental, as principais causas da deterioração ininterrupta do meio ambiente mundial são os padrões insustentáveis de consumo e produção, especialmente nos países industrializados”.

Ainda, na Agenda 21 (2001), consta que todas as atividades humanas devem ser guiadas pela definição de desenvolvimento sustentável, ou seja, explorar de maneira coerente os recursos naturais, sem deixar de pensar nas futuras gerações.

Cunha e Guerra (1998), concluem que a degradação ambiental é um problema que tange todas as pessoas da sociedade, sendo que é preciso que elas tratem esse assunto de maneira séria e comprometida, com o objetivo de promover a melhoria da qualidade de vida do ser humano.

2.2. IMPORTÂNCIA DO PLANEJAMENTO AMBIENTAL

No decorrer dos anos, o ser humano, a fim de atender suas necessidades, transformou o meio ambiente, gerando uma infinidade de problemas de caráter ambiental que repercutem de maneira negativa na qualidade de vida das pessoas (TOYNBEE, 1974). Assim, o planejamento ambiental pode ser utilizado para prever atividades humanas que possam ocasionar danos ao meio ambiente, e desse modo evitá-las (MENEGUZZO, 2006).

Inevitavelmente, o processo de ocupação do espaço e a apoderação dos recursos naturais pelo ser humano impactam negativamente o meio ambiente. Para que os processos de degradação ambiental sejam minimizados, é preciso que sejam estabelecidas diretrizes que norteiem as atividades antrópicas. Para tanto, o planejamento auxilia na preparação de qualquer empreendimento humano, pois estabelece estratégias e metas para alcançar ou resolver uma determinada situação ou dificuldade (LEMOS, 1999).

De acordo com a Agenda 21 (2001), o aumento da população mundial e da demanda por produtos, somados a padrões insustentáveis de consumo, geram uma pressão cada vez maior sobre nosso planeta, comprometendo sua capacidade de sustentar a vida na Terra. Nessas condições “o planejamento ambiental visa reordenar o uso do solo de maneira que a intervenção humana seja a menos impactante, ou seja, que represente a menor taxa de alteração possível” (CAUBET; FRANK, 1993, p. 15).

Para Franco (2000, p. 35-36):

“O objetivo principal do Planejamento Ambiental é atingir o Desenvolvimento Sustentável da espécie humana e seus artefatos, ou seja, dos agroecossistemas e dos ecossistemas urbanos (as cidade e redes urbanas), minimizando os gastos das fontes de energia que os sustentam e os riscos e impactos ambientais, sem prejudicar ou suprimir outros seres da cadeia ecológica da qual o homem faz parte, ou, em outras palavras, procurando manter a biodiversidade dos ecossistemas. ”

Nos últimos anos, por meio do poder público federal e por meio dos estados, através das secretarias de planejamento e meio ambiente, muitos projetos que

envolvem planejamento ambiental veem sendo implementados, tendo por objetivo promover o desenvolvimento sustentável seguindo princípios de valoração das potencialidades e fragilidades de sistemas ambientais de um lado, e as potencialidades tecnológicas, culturais e econômicas de outro (ROSS; DEL PRETTE, 1998).

Dessa forma, o planejamento ambiental fundamenta-se na integração e na interação de todos os sistemas que compõem o ambiente, sendo que seu papel principal é estabelecer relações entre os sistemas ecológicos e os processos da sociedade, afim de manter a completa integridade dos seus elementos componentes (SANTOS, 2004).

Uma das principais ferramentas utilizado para o planejamento ambiental é o zoneamento ecológico-econômico (ZEE), que é um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) regulamentado pelo decreto nº 4.297/2002 (BRASIL, 2002). O ZEE, instrumento que auxilia na organização do território e que deve ser seguido na implantação de qualquer tipo de empreendimento, seja ele público ou privado, estabelece medidas e padrões de proteção ambiental a fim de assegurar a qualidade do meio ambiente, garantindo o desenvolvimento sustentável e a melhoria nas condições de vida das populações, tendo por objetivo principal viabilizar o desenvolvimento sustentável a partir da compatibilização do desenvolvimento socioeconômico com a proteção ambiental (BRASIL, 2017).

Vale ressaltar que além do ZEE, existem outros instrumentos legais que auxiliam nas execuções do planejamento ambiental como por exemplo, os Planos Diretores Municipais, as Áreas de Preservação Permanentes (APP), a legislação do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), etc.

Os planos diretores municipais são instrumentos básicos da política de desenvolvimento dos municípios, pois orientam as atividades que serão executadas em seus limites geográficos, fixando preceitos de desenvolvimento e de expansão urbana, além de tratar de direitos essenciais aos seus munícipes, como habitação, saneamento básico e transporte urbano, objetivando, paralelamente, a proteção do meio ambiente.

Nos dias de hoje, o planejamento ambiental engloba a concepção de desenvolvimento sustentável, preocupando-se com a preservação dos recursos naturais, com o uso adequado o solo, conservação e manutenção dos sistemas naturais e com a qualidade de vida das pessoas (SANTOS, 2004).

Como o tema planejamento envolve muitas complexidades devido à diversidade de problemas ambientais e sócio econômicos existentes (LEMOS, 1999), é importante que ele seja cíclico, prático e contínuo em todas as decisões tomadas, afim de que a ele seja conferido dinamismo, embasado na interdisciplinaridade e interatividade, em um processo contínuo de tomada de decisão (LEANDEO, 2013).

2.3. MAPEAMENTO E ANÁLISE DA FRAGILIDADE AMBIENTAL APLICADA À ESTUDOS URBANOS E PERIURBANOS

Segundo Meyer (1991), o mapeamento ambiental é uma importante ferramenta didática para se compreender o grau de interferência humana em determinado ambiente e as consequências que essa interferência acarreta no mesmo. É possível entender a organização de um determinado espaço através de estudos de mapeamentos ambientais, e com base nisso estabelecer fundamentos para ações e estudos futuros.

O mapeamento ambiental é uma das principais ferramentas utilizadas pelos órgãos públicos na elaboração do planejamento territorial ambiental, visto que ele permite avaliar as potencialidades do meio ambiente de maneira integrada, combinando suas características naturais com suas restrições (KAWAKUBO et al, 2005), além de possibilitar a indicação de áreas com graus de fragilidade mais baixos e mais altos, ou seja, com maiores opções de uso e ocupação e com opções de uso mais reduzidas - áreas mais vulneráveis (SANTOS et al., 2010; SPÖRL; ROSS, 2004).

Devido ao avanço da exploração dos recursos naturais, ocasionado principalmente pelo desenvolvimento tecnológico, científico e econômico, cada vez mais se torna necessário o planejamento físico territorial com enfoque ambiental, levando em consideração, principalmente, a fragilidade das áreas com intervenções antrópicas, sendo que solo, relevo, água, vegetação, geologia e clima devem ser avaliados de maneira integrada, levando-se sempre em consideração as intervenções humanas modificadoras dos ambientes naturais (DONHA; SOUZA; SUGAMOSTO, 2006).

Para tanto, a metodologia da fragilidade empírica proposta por Ross (1994), é fundamentada no princípio de que a natureza apresenta funcionalidade intrínseca entre todas as suas componentes bióticas e físicas, de modo que todos os seus componentes se encontram interligados (CABRAL et al., 2011). O princípio da funcionalidade intrínseca baseia-se no conceito de Unidade Ecodinâmica preconizada por Tricart (1977). De acordo com Ross (1994), as trocas de energia e matéria que ocorrem na natureza acontecem através de relações em equilíbrio dinâmico, e que frequentemente são alteradas por intervenções do homem, gerando estados de desequilíbrios temporários e em algumas vezes permanentes (ROSS, 1994).

O conceito de fragilidade ambiental, para Tamanini (2008), está relacionado à vulnerabilidade do ambiente em sofrer algum tipo de dano e está associado com fatores de desequilíbrio de ordem natural, sendo expresso pela dinâmica do ambiente característico, quanto antropogênica, a exemplo do mau uso do solo.

Pode-se destacar dois termos distintos dentro do conceito de fragilidade ambiental: a fragilidade potencial e a fragilidade emergente ou ambiental. A fragilidade potencial pode ser entendida como sendo a vulnerabilidade natural de um ambiente devido as suas características físicas (índice de declividade, textura e grupo de solo e informações climáticas), enquanto que a fragilidade emergente além de contemplar as características físicas, considera também, os graus de proteção dos diferentes tipos de uso e cobertura da terra (ROSS, 1994).

Para Grigio (2001), a geração de mapas temáticos de fragilidade potencial visam mostrar a tendência de uma área frente a fatores ambientais naturais, como por exemplo: geologia e solo, estabilidade em relação à morfogênese e à pedogênese, etc.

Segundo Sporl (2001), a fragilidade emergente ou ambiental é caracterizada pela desestabilização do equilíbrio dinâmico devido á atividades antrópicas, onde as condições naturais das coberturas vegetais de antigas áreas foram substituídas por plantações, pastagens, etc., permitindo assim, a atuação direta de agentes climáticos, como as chuvas, que agem diretamente sobre o solo gerando processos erosivos.

Para a construção de um modelo de fragilidade, informações relacionadas a declividade, erosividade do solo, uso da terra e cobertura vegetal são analisadas de forma integrada, gerando assim um produto síntese que expressa os diferentes

graus de fragilidade que o ambiente possui em função de suas características naturais (CABRAL et al., 2011).

Devido aos diferentes estados de equilíbrio e desequilíbrio que os ambientes estão inseridos, Ross (1994) estabeleceu uma hierarquia, que vai de 1,0 (variáveis mais estáveis), até 5,0 (variáveis mais vulneráveis), para a fragilidade ambiental de acordo com a composição das relações de quatro variáveis: declividade, solos, erosividade e uso e cobertura da terra.

A declividade influencia a quantidade de radiação solar que chega aos diferentes relevos, explica as diferenças que são observadas na distribuição e nas propriedades dos solos em encostas (CHAGAS et al., 2013), influencia no desenvolvimento de redes de drenagem e na distribuição do escoamento superficial que está relacionado diretamente com as perdas de solo (RÖMKENS; HELMING; PRASAD, 2001).

No que se refere a fragilidade dos solos, vale destacar que no Paraná, ou mais especificamente na região Oeste, os principais tipos de solo encontrados são os Latossolos, Nitossolos e Neossolos. Os Latossolos são solos muito intemperizados e por essa razão geralmente são os mais profundos, apresentam boa drenagem e conseqüentemente alta estabilidade e pouco risco a erosão. Eles abrangem mais da metade da extensão territorial do Brasil situados normalmente nos relevos planos a suave ondulado (EMBRAPA, 2013).

Encontrados principalmente na região sul do país, os Nitossolos são caracterizados por serem profundos e bem drenados, porém apresentam riscos de erosão quando localizados em relevos ondulados e mal manejados (EMBRAPA, 2013).

Os Neossolos, por sua vez, são solos com pouco desenvolvimento pedogenético, caracterizado por pequenas profundidades (rasos), encontrados principalmente em relevos declivosos, tornando-os vulneráveis a erosão principalmente quando não possuem cobertura vegetal. Seu uso deve ser, preferencialmente, como de área de preservação, evitando assim a ocupação urbana (EMBRAPA, 2013).

A erodibilidade equivale à vulnerabilidade do solo à erosão, sendo que “as diferenças nos atributos físicos e químicos explicam em muitos casos o fato de alguns solos erodirem mais que outros mesmo estando expostos a uma mesma condição ambiente” (KAWAKUBO, p. 2004, 2005,).

Juntamente com a análise da declividade, do solo e da erodibilidade, outro fator importante a ser considerado é a cobertura vegetal e o uso da terra pois, “além de proteger o solo contra a perda de material, o uso adequado e a cobertura vegetal o protege direta e indiretamente contra os efeitos modificadores das formas do relevo” (KAWAKUBO, p. 2204, 2005,).

Portanto, o objetivo principal da fragilidade ambiental é indicar, tanto potencialidades, quanto limitações do uso e ocupação da terra pelo homem na área de estudo, isto é, contribuir para o planejamento ambiental através do entendimento da realidade especial e dessa maneira, ser possível realizar intervenções na mesma (SANTOS et al, 2006).

2.4. OS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA APLICADOS AOS ESTUDOS AMBIENTAIS

“Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) são sistemas computacionais capazes de capturar, armazenar, consultar, manipular, analisar, exibir e imprimir dados referenciados espacialmente sobre a superfície da Terra” (RAPPER; MAGUIRE,1992). Também são utilizados para entender fatos e fenômenos que ocorrem no espaço geográfico, podendo ser usados para o gerenciamento territorial ambiental, uma vez que proporcionam a oportunidade de execução de processos de tomada de decisão de maneira mais racional (ALVARENGA et al., 2013).

Existem vários softwares que podem ser utilizados em estudos ambientais, dentre eles, podemos citar os que foram utilizados neste trabalho: Sistema de Processamento de Imagens Georreferenciadas (SPRING), Quantum GIS (QGIS) e Google Earth Pro.

O SPRING é um software desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), com a participação da EMBRAPA/CNPq, PETROBRAS/CENPES, K2 Sistemas, entre outros. O SPRING tem como funções o processamento de imagem, a análise espacial, a construção de modelos numéricos de terreno (MDE) e a construção e consulta de banco de dados espaciais. Sua finalidade é a aplicação em estudos nas mais diversas áreas, como da agricultura,

gestão ambiental, geografia, geologia, planejamento urbano e regional entre outras, servindo como suporte para o desenvolvimento tanto na área da pesquisa como na educação (GUIA, 2007).

O QGIS é um Sistema de Informações Geográficas de Código Aberto e tem por pretensão ser uma ferramenta SIG de uso amigável, fornecendo funções e características comuns. Seu objetivo inicial era apenas o de servir como um SIG para visualização de dados. Hoje, o QGIS é usado para visualização de dados raster e vetoriais em muitos formatos, sendo que novos formatos podem ser facilmente adicionados através de complementos. O QGIS é licenciado sobre a Licença Pública Geral (GPL), ou seja, o usuário desse SIG pode inspecionar e modificar o código fonte, garantindo o acesso permanente ao aplicativo, podendo este ser livremente modificado. O QGIS oferece muitas funcionalidades SIG comuns fornecidas por complementos, entre elas pode-se citar a criação, edição, gerenciamento, exportação, visualização, exploração e análise de dados, a composição de mapas, a publicação de mapas na internet e a ampliação das funcionalidades do QGIS através de complementos (NANNI, 2012).

Por fim, o Google Earth Pro, é um software que passou a ser gratuito a partir do dia 20 de janeiro de 2015. Seu antecessor foi o Google Earth, cuja função era de apresentar um modelo tridimensional do globo terrestre, construído a partir de um mosaico de imagens de satélite e aéreas obtidas de diversas fontes (GUIA, 2017). A versão Pro do Google Earth possui funcionalidades adicionais em relação à versão básica e fornece um conjunto de recursos avançados direcionados especificamente a usuários que precisam de uma ferramenta ágil para análises geoespaciais (MENEGUETTE, 2017). O Google Earth Pro, além de contar com imagens Premium de alta resolução, possui vários recursos que seu precursor não tinha, como por exemplo, o Movie Maker, a importação/exportação de dados SIG e imagens GIS, ferramentas de enquadramento visual e criação de mapas, regionalização de um grande conjunto de dados, etc. (GUIA, 2017).

As informações do planeta, obtidas por satélites, são codificadas e representadas através de um modelo de dados que possui um conjunto de informações quantitativas e qualitativas, uma localização espacial e uma georreferenciação. Esta representação geoespacial pode ter um formato vetorial (vetor) ou matricial (raster) (CAVALCANTE, 2015).

Os dados vetoriais descrevem um espaço usando um conjunto de

coordenadas que se referem a uma localização geográfica (usando um sistema “x” e “y” por exemplo), podendo assumir três formas: pontos, linhas ou polígonos. Os pontos possuem uma única coordenada (x, y) representando um local geográfico discreto. As linhas possuem múltiplas coordenadas (x1 y1, x2 y2, ..., xn yn) ligadas entre si, sendo que as partes entre cada coordenada interligada são consideradas segmentos de linha. Já os polígonos, são linhas que se conectam por mais de dois vértices, sendo que o último vértice se encontra com o primeiro, fazendo com que o polígono possua uma área fixa dentro dele. Assim, os dados vetoriais são indicados para representações de entidades estáticas e com fronteiras bem definidas e para entidades com distribuição espacial exata (NANNI, 2012).

Os dados matriciais, ou dados raster, por sua vez, descrevem um espaço através de uma grade regular de células ou pixels, tendo um número fixo de colunas e linhas (NANNI, 2012). O tamanho das células, que são medidas no terreno, equivale à resolução espacial, com que o local está representado. Assim, os dados matriciais são indicados para representar grandezas com distribuição espacial contínua, como por exemplo imagens digitais de satélites e fotografias aéreas (CAVALCANTE, 2015).

Dessa forma, por meio da integração de dados de diversas fontes, os SIG's permitem criar bancos de dados georreferenciados, possibilitando análises ambientais tais como: declividade, uso e cobertura da terra, relevo, etc. (HIGASSHI; BIM, 2010).

Segundo Santos e Petronzio (2011), os mapas de uso da terra são importantes para estudos ambientais pois, a partir da interpretação de imagens de satélites, demonstram as áreas que foram ocupadas por pastagem, agricultura, vegetação, entre outras feições. É possível também, identificar áreas de risco ou áreas intensamente degradadas em uma determinada região, assim como distinguir variações ocorridas devido às ações antrópicas ou devido à evolução da própria paisagem.

Vários mapas podem ser criados com os SIG's, inclusive mapas temáticos como: mapa pedológico, mapa de declividade e mapa de fragilidade ambiental e emergente. O mapeamento do solo é utilizado como fonte de informações para diversas interpretações que buscam a conservação ambiental e o desenvolvimento sustentável, uma vez que servem como material básico para a avaliação do potencial das terras (BHERING, 2012).

O mapeamento da declividade, associado aos modelos digitais tridimensionais do relevo, possibilita a análise da paisagem local e a visualização das diferentes relações existentes entre os graus de declividade e sua posição na vertente, permitindo assim, a identificação de áreas com fragilidade natural e áreas mais propensas à erosão (COLAVITE; PASSOS, 2012).

Kawakudo et al. (2005), considera a Carta de Fragilidade Ambiental como uma das principais ferramentas para o planejamento territorial pois, permite a avaliação das potencialidades e fragilidades do meio ambiente de maneira integrada, levando em consideração suas características naturais e suas restrições.

3. METODOLOGIA

3.1. DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo encontra-se inserida no município de São Miguel do Iguaçu, localizado no extremo Oeste do estado do Paraná. Este município situa-se na Mesorregião do Oeste do Paraná, Microrregião de Foz do Iguaçu (Figura 1). Abrange as coordenadas geográficas entre 25°11'57''S e 25°35'54''S (latitude), e 54°06'25''W e 54°23'59''W (longitude), além de contar com uma altitude média de 312 metros. A população estimada do município é de 27.330 habitantes e sua área territorial é de 851.917 km² (IBGE, 2010).

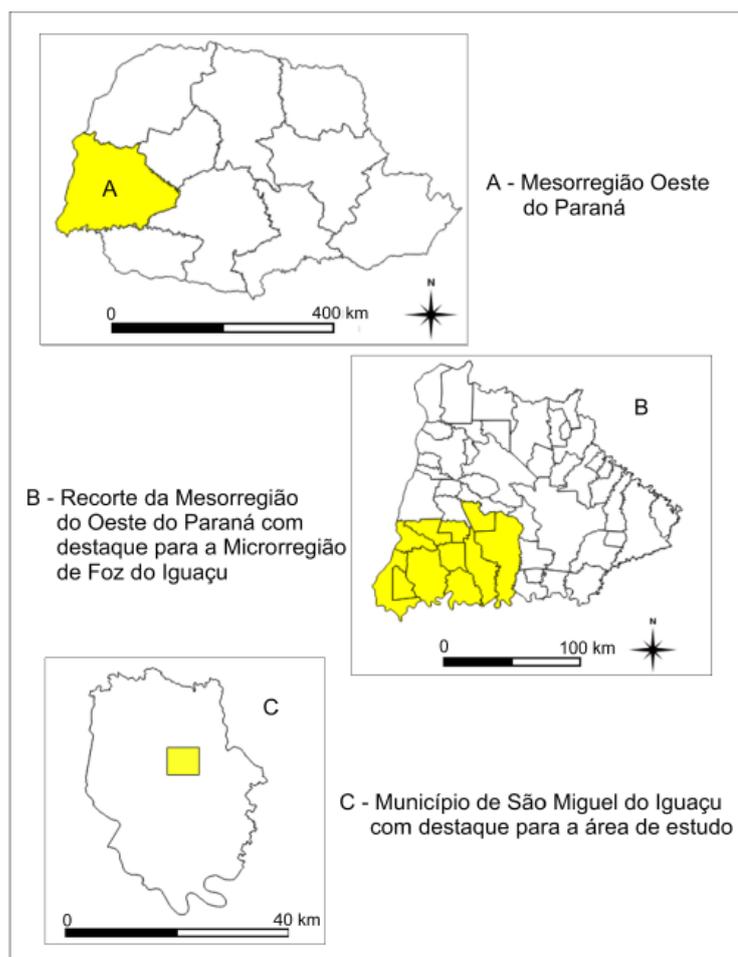


Figura 1 - Localização da área de estudo.
Fonte: Autoria própria (2017).

Segundo Santos et al. (2006), o município de São Miguel do Iguaçu faz parte da unidade morfoestrutural da Bacia Sedimentar do Paraná, mais especificamente da unidade morfoescultural do Terceiro Planalto, que corresponde a dois terços do território paranaense e é caracterizado por relevos planálticos. Com relação a subunidade morfoescultural o município está localizado no Planalto de Foz do Iguaçu, que é caracterizado por topos aplainados, vertentes convexas e vales em “V” aberto, modeladas em rochas da Formação Serra Geral.

De acordo com a descrição das unidades litoestratigráficas do Planalto de Foz do Iguaçu, a formação Serra Geral apresenta basaltos maciços e amigdalóides, afaníticos, cinzentos a pretos raramente andesíticos, decorrentes de derrames de vulcanismo (PARANÁ, 2005).

As principais classes de solo presentes no município de São Miguel do Iguaçu, segundo o mapa de solos do ITCG – Instituto de Terras, Cartografia e Geologia (2008), são o Latossolo Vermelho, Nitossolo Vermelho e Neossolo (Rigolítico e Litólico) sendo que destes, o Latossolo é o predominante.

A vegetação do Terceiro Planalto é composta basicamente por Floresta Estacional Semidecidual Submontana, que embora restrita a pequenos fragmentos isolados, é a única formação fitogeográfica da área de estudo (SEMA, 2010; ITCG, 2009).

O município de São Miguel do Iguaçu está inserido em diversas bacias hidrográficas, sendo as duas principais a bacia do Rio Iguaçu e a bacia do Rio Paraná. Está inserido ainda nas microbacias dos Rios Ocoy, Represo, Apepu, Rio dos Índios, Arroio Pinto e Rio Leão, sendo que ao todo, o município conta com trinta e cinco rios, córregos e arroios que o atravessam. (REFATTI, 2013). Mais especificamente na área de estudo, estão presentes os Rios Pinto e Leão que cortam a cidade e o Córrego Mico.

Na área de estudo, o pico mais alto apresenta uma altitude de 397 metros e a região mais baixa uma altitude de 234 metros. Dessa forma, tem-se uma variação de altitude de 163 metros, sendo que o setor sudeste é o que apresenta a maior elevação, conforme pode-se observar na Figura 2.

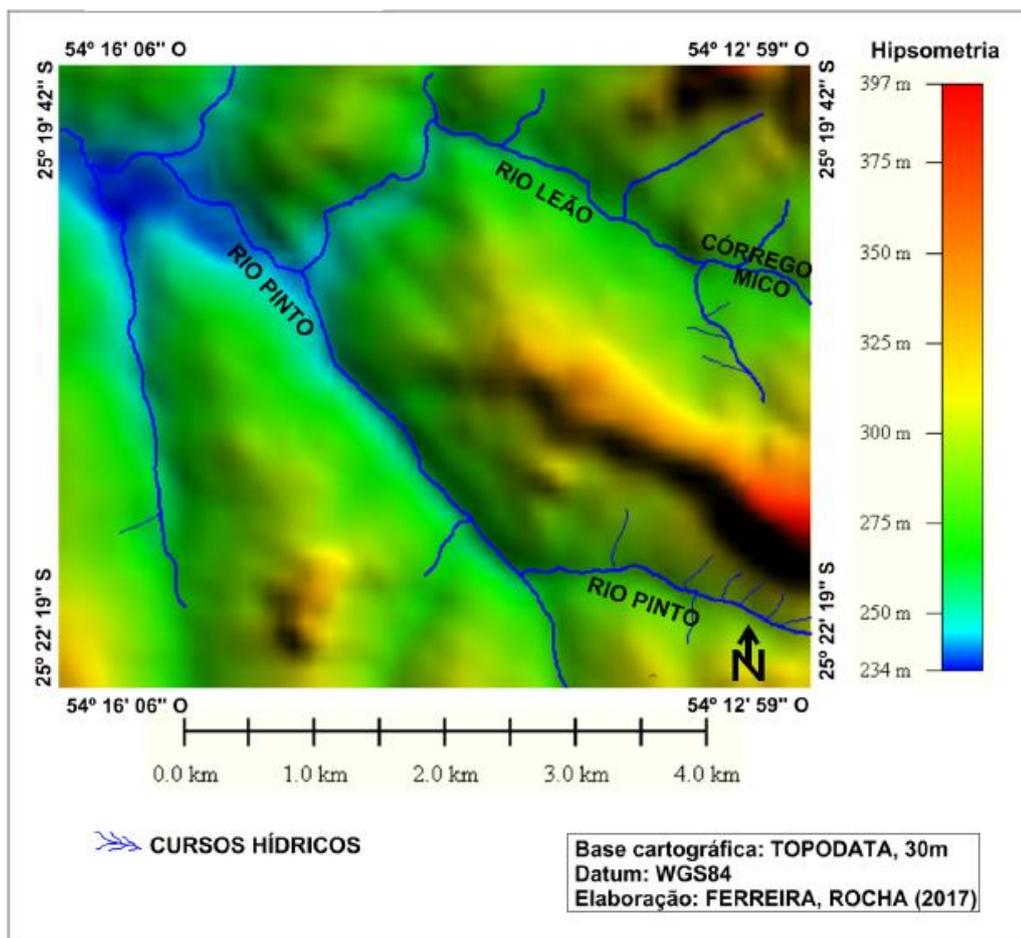


Figura 2 – Mapa Hipsométrico da área urbana e periurbana de São Miguel do Iguazu

Fonte: Autoria própria (2017).

Segundo a classificação climática de Köppen, São Miguel do Iguazu possui um Clima temperado úmido com verão quente - Cfa e geadas pouco frequentes no inverno (IAPAR, 1998). Há uma tendência de concentração de chuvas nos meses de verão, onde o mês mais quente é fevereiro, com temperatura média de 25°C a 35°C e o mês mais frio é julho, com temperatura entre 14°C e 16°C. A temperatura média anual é de 22,14°C e a média anual de precipitação pluviométrica é de 2.052 mm, sendo maio o mês mais chuvoso e julho o mês mais seco (IBGE, 2000).

3.2. ELABORAÇÃO DAS CARTAS TEMÁTICAS

A primeira etapa do estudo constituiu, na delimitação da área de estudo por meio de um retângulo envolvente sobre a área urbana e periurbana do município de São Miguel do Iguaçu, conforme demonstrado na Figura 3.

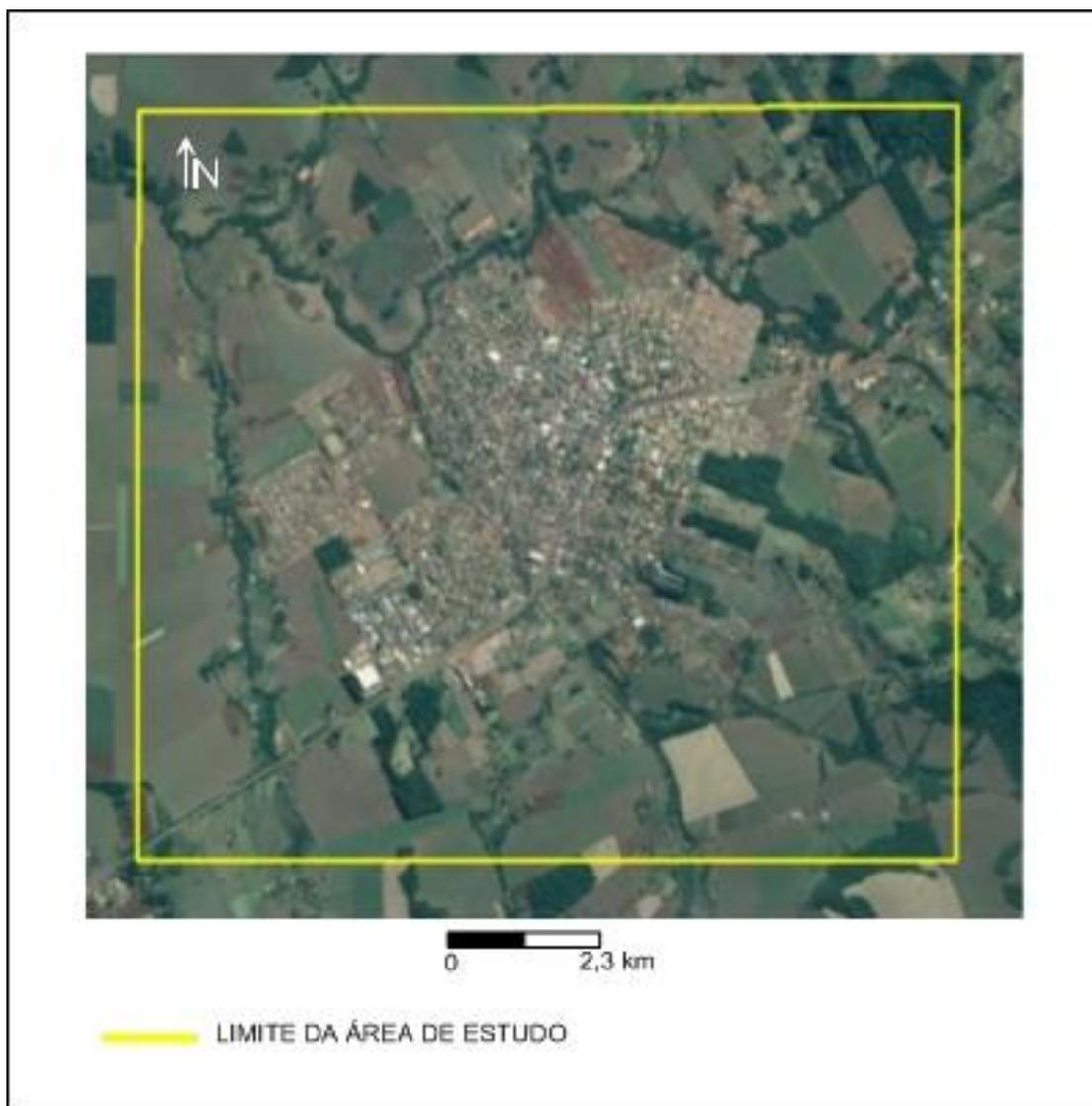


Figura 3 - Retângulo envolvente da região de estudo, contendo a área urbana e periurbana de São Miguel do Iguaçu.
Fonte: Google Earth Pro (2017).

Em seguida, foi elaborado o mapa de uso e cobertura da terra, averiguando-se as atividades desenvolvidas no local, seguido do mapa de declividade, atentando-se às áreas de maior e menor declive e por último, o mapa pedológico. Todos os

mapas tiveram por delimitação da área de estudo, o retângulo envolvente da área urbana e periurbana de São Miguel do Iguçu.

Dessa forma, a metodologia do estudo constituiu na seguinte ordem:

i. Mapa de uso e cobertura da terra

O mapa do uso e cobertura da terra foi elaborado com o auxílio do software Google Earth Pro 2016, onde foram delimitados, na área de estudo, polígonos com diferentes cores representando as classes de uso. Dessa forma, utilizou-se a cor amarela para representar o uso agrícola, verde claro para pastagem, verde escuro para vegetação, vermelho claro para área urbana em expansão e vermelho escuro para área urbana consolidada. Em seguida estes polígonos foram salvos no formato kml e importados para o software QGIS versão 2.14.7, para elaboração do mapa de uso e cobertura da terra.

ii. Mapa de declividade

O mapa de declividade foi elaborado com o auxílio do software QGIS versão 2.14.7. Inicialmente, realizou-se o recorte da área de estudo, utilizando-se a imagem SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission – SRTM, é um método de aquisição e processamento digital de dados que gera como produto o modelo digital de elevação do terreno). A partir da importação da camada Raster, no SIG selecionou-se o item análise do Modelo Digital de Elevação (MDE), assim como a declividade em porcentagem.

Dessa forma foi possível realizar a reclassificação da declividade tendo por base a classificação proposta por Ross (1994).

iii. Mapa pedológico

Trabalhou-se, na elaboração do mapa, com os dois primeiros níveis categóricos do solo, uma vez que o terceiro nível não influenciaria no resultado final da fragilidade. Assim, convencionou-se a cor laranja escuro para Latossolo Vermelho, marrom escuro para Nitossolo Vermelho e cinza para Neossolo Litólico.

Dessa maneira, importou-se o mapa de solos da EMBRAPA (2008) para o software QGIS versão 2.14.7, com o objetivo de realizar um recorte correspondente a área de estudo. Em seguida, neste mesmo software, realizou-se alguns aperfeiçoamentos no mapeamento dos solos, por meio de algumas ponderações

relacionadas a declividade da área. Assim, de modo geral, considerou-se que em áreas com declividade muito fraca ou fraca, prevaleceria o Latossolo Vermelho; em áreas com declividade média, haveria prevalência de Nitossolo Vermelho e em áreas com declividade forte a muito forte, prevaleceria o Neossolo Litólico.

3.3. ELABORAÇÃO DAS CARTAS DE FRAGILIDADE

A carta de fragilidade potencial foi elaborada baseando-se na metodologia de Ross (1994), sendo que para as classes de solos, essa metodologia considera as características de estrutura, textura, plasticidade, profundidade dos horizontes superficiais e subsuperficiais do solo. Estas características estão relacionadas diretamente com o relevo, com o clima e com a litologia. No Quadro 1 estão representados os graus de fragilidade condizentes com a distribuição dos solos predominantes na área de estudo, sendo que estes estão destacados em negrito.

Graus de Fragilidade	Tipos de solos
Muito Fraca	Latossolo Vermelho , Latossolo Vermelho – Amarelo, textura argilosa
Fraca	Latossolo Amarelo, Latossolo Vermelho – Amarelo, textura média
Média	Nitossolo Vermelho , Chernossolo, Argisolo Vermelho, textura média
Forte	Argisolo Vermelho – Amarelo, textura média
Muito Forte	Neossolo , Cambissolo, Gleissolo

Quadro 1 - Graus de fragilidade em decorrência dos tipos de solos
Fonte: Adaptado de Ross (1994).

Para os graus de proteção dos solos pela cobertura vegetal, Ross (1994) estabelece uma hierarquia que obedece, em ordem decrescente, a capacidade de proteção do solo (Quadro 2).

Graus de proteção	Tipos de cobertura vegetal
Muito alta	Mata ciliar, fragmentos florestais
Alta	Pastagens com baixo pisoteio de gado
Média	Culturas permanentes
Baixa	Culturas temporárias
Muito baixa	Áreas desmatadas e queimadas, áreas urbanas consolidadas/expansão

Quadro 2 - Graus de proteção por tipos de cobertura vegetal e uso da terra

Fonte: Adaptado de Ross (1994).

Para as classes de declividade, Ross (1994) considerou os valores dos estudos de Capacidade de Uso/Aptidão Agrícola associados com valores limites críticos da Geotecnia, em que estes indicam a força dos processos erosivos, dos escorregamento, deslizamentos e inundações (Quadro 3).

Graus de Fragilidade	Declividade
Muito Fraca	Até 6%
Fraca	De 6 a 12%
Média	De 12 a 20%
Forte	De 20 a 30%
Muito Forte	Acima de 30%

Quadro 3 - Graus de fragilidade em decorrência da declividade

Fonte: Adaptado de Ross (1994).

3.4. RECOMENDAÇÕES DE PRÁTICAS E AÇÕES DE CONTENÇÃO E CONSERVAÇÃO

Após a identificação dos graus de fragilidade da área de estudo, sugeriu-se algumas recomendações de práticas e ações conservacionistas e de contenção para as regiões que apresentaram maior riscos para o desenvolvimento e/ou intensificação de processos erosivos, ou seja, para as áreas com fragilidade ambiental elevada.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. IDENTIFICAÇÃO DO USO E COBERTURA DA TERRA

No mapa de uso e cobertura da terra da área urbana e periurbana de São Miguel do Iguaçu (Figura 4), buscou-se identificar as diferentes áreas de cobertura vegetal e de atividades antrópicas, com o intuito de melhor compreender a distribuição espacial dos diversos usos da terra na área de estudo. Identificou-se também as porcentagens referentes a cada tipo de uso e cobertura, totalizando uma área de aproximadamente 53 km² (Tabela 1).

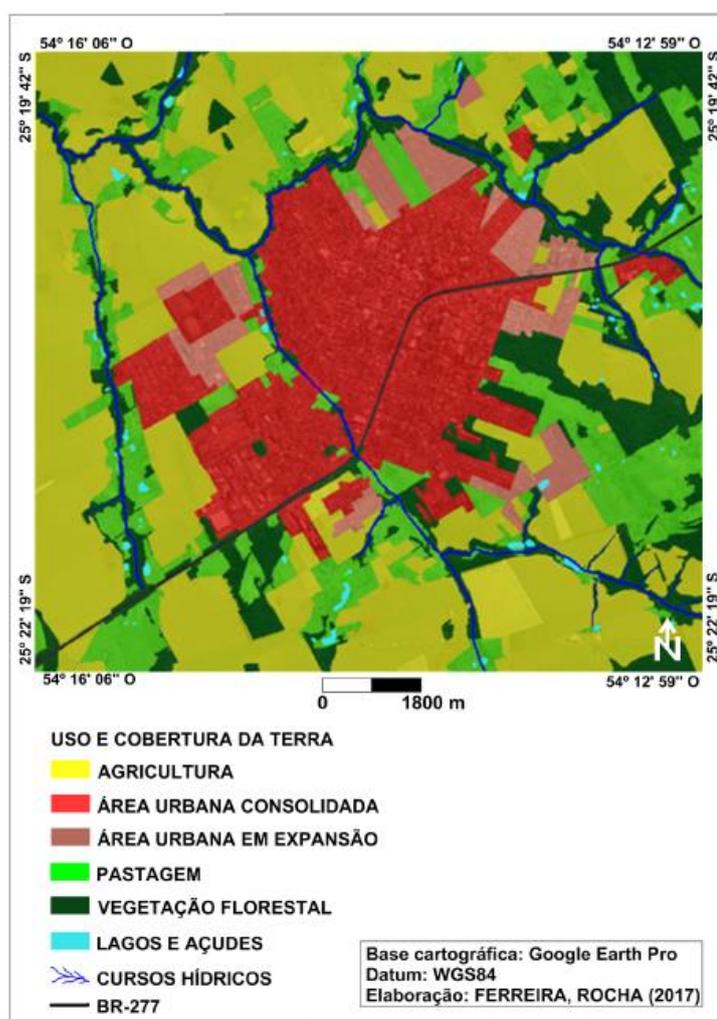


Figura 4 - Mapa de Uso e Cobertura da Terra da área de estudo de São Miguel do Iguaçu
Fonte: Autoria Própria (2017).

Tabela 1 – Áreas e respectivas porcentagens referentes as frações de uso e cobertura da terra da região de estudo

Uso e cobertura da terra	Área (km²)	Porcentagem (%)
Área Urbana Consolidada	24,53	46,33
Área Urbana em expansão	1,30	2,46
Agricultura Anual	17,05	32,20
Pastagem	5,35	10,10
Vegetação Florestal	4,72	8,91
Área Total	52,95	100

Fonte: Autoria própria.

A maior parte da área urbana consolidada e das áreas em expansão encontram-se em regiões de média vertente, próximas a BR-277, sendo que apenas na região sudeste, uma parcela dessas áreas está localizada em altitudes mais elevadas, com cerca de 400 metros. As atividades urbanas consolidadas correspondem a 24,53 km², sendo as mais representativas de todas as atividades da área de estudo, enquanto que a área urbana em expansão corresponde a 1,30 km², localizando-se em locais que anteriormente eram ocupados por culturas agrícolas (SÃO MIGUEL DO IGUAÇU, 2016).

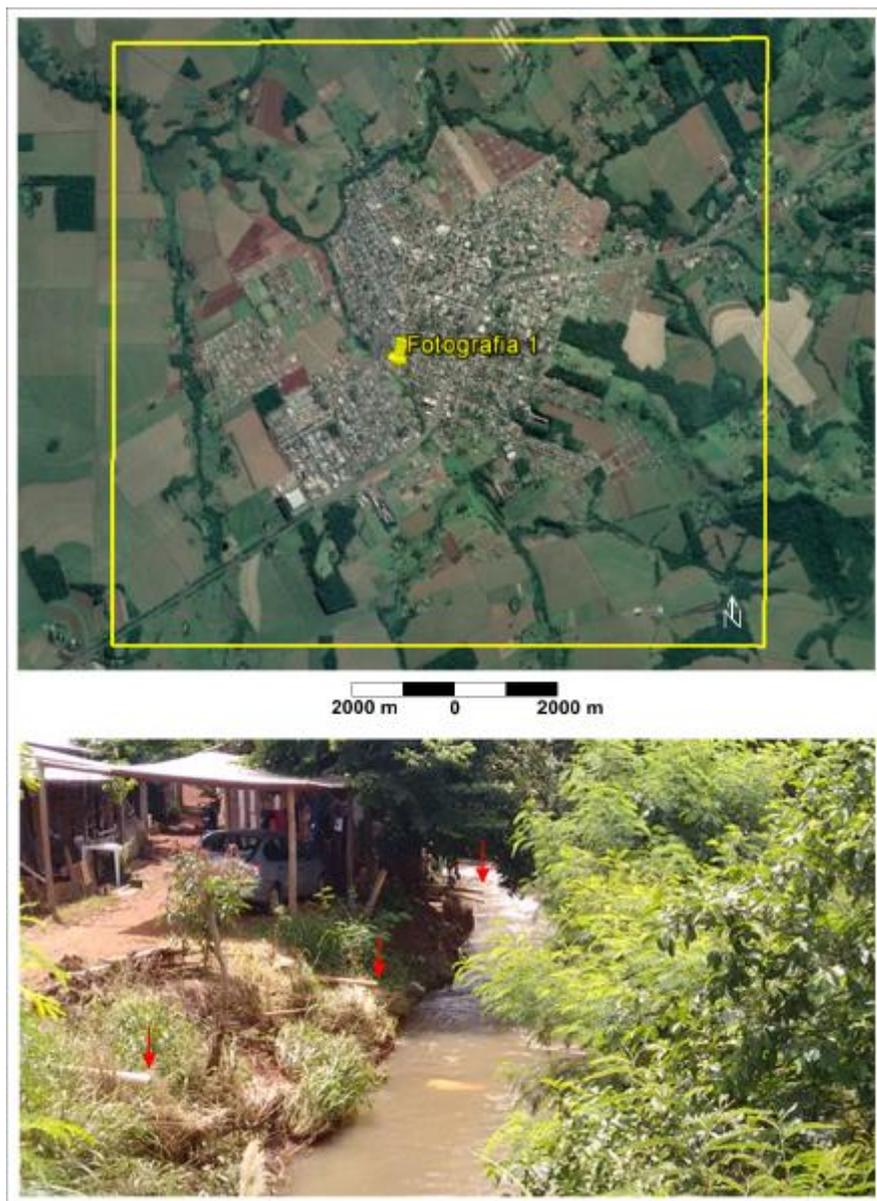
Quanto ao uso agrícola, é possível inferir que este localiza-se principalmente em regiões de média vertente, sendo caracterizado por culturas temporárias diversas, destacando-se a produção de milho safrinha e de soja no verão. Destaca-se também, a produção de orgânicos pela Associação dos Produtores de Agricultura e Pecuária Orgânica – APROSMI, que em parceria com o governo municipal, fomenta o cultivo e a comercialização desses produtos, além da criação de aves, suínos e produção leiteira (IBGE, 2010).

Já os locais de pastagens, em sua maioria, encontram-se próximos a cursos d'água, em baixa vertente, correspondendo a 5,35 km² da área de estudo. Nesses locais destaca-se a criação de gado leiteiro e de corte, em sistemas semi-confinados ou pastoris (SÃO MIGUEL DO IGUAÇU, 2016).

As áreas florestais localizam-se nas regiões próximas e ao entorno de cursos hídricos, em locais com maior declive e em propriedades rurais em que, devido a presença de rochas e solo raso, a prática de agricultura ou pastagem é inviável. Pode-se observar que ao longo dos cursos d'água, a mata ciliar é irregular,

dando espaço muitas vezes à área urbana consolidada, às pastagens ou até mesmo a áreas agrícolas.

Analisando a Figura 4, percebe-se que é preciso atentar-se para as regiões próximas a corpos hídricos, pois nesses locais, observa-se que a área urbana consolidada, em vários pontos, está invadindo o espaço que deveria ser destinado à preservação da mata ciliar. Essa “invasão” da área urbana acaba acarretando diversos problemas para os a qualidade da água dos cursos hídricos afetados, assim como para a macro e microfauna, devido ao assoreamento e principalmente a poluição proveniente de ligações clandestinas de esgoto conectadas diretamente a esses locais. A área indicada na Fotografia 1, é um exemplo de local em que a urbanização não respeitou os limites da mata ciliar e, utilizou-se do Rio Pinto como destino final de seu esgoto doméstico e sanitário.



Fotografia 1 - Lançamento clandestino de esgoto em um rio no município de São Miguel do Iguaçu
Fonte: Aatoria própria (2017).

4.2. ANÁLISE DO MAPEAMENTO DAS CLASSES DE SOLO E DAS CLASSES DE DECLIVIDADE DA ÁREA URBANA E PERIURBANA DE SÃO MIGUEL DO IGUAÇU

O mapeamento de solos da área urbana e periurbana permitiu identificar as seguintes classes de solo predominantes: Latossolo Vermelho, Neossolo Litólico e Nitossolo Vermelho conforme ilustra a Figura 5.

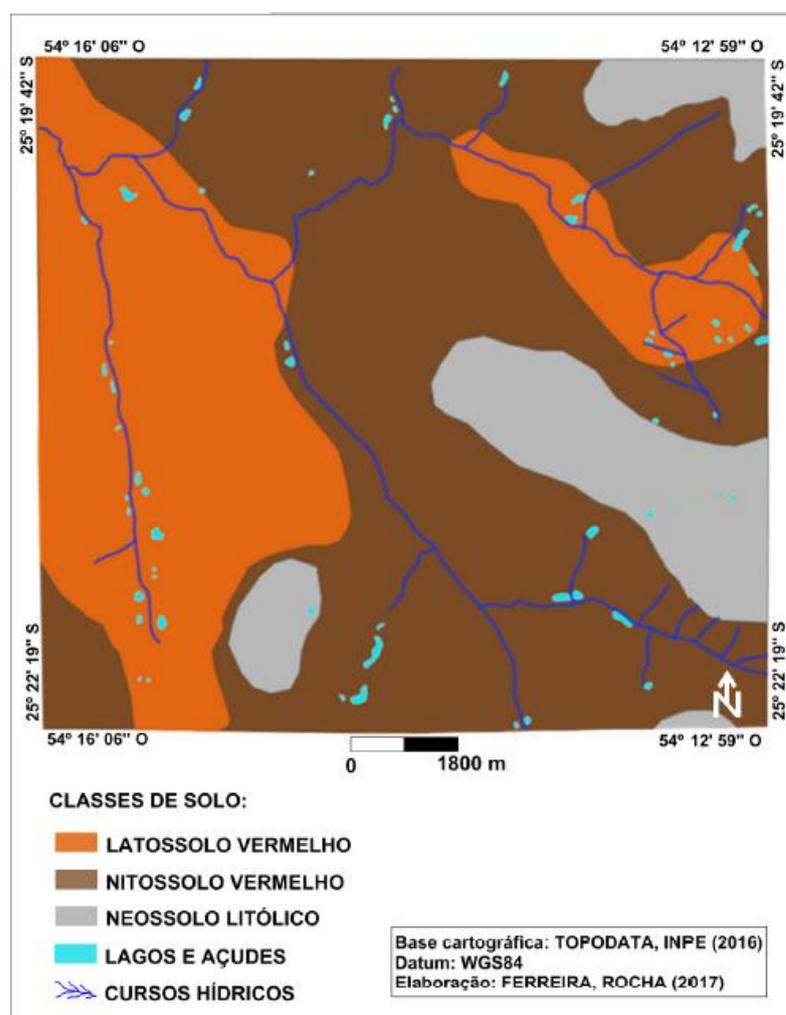


Figura 5 - Mapa Pedológico da área de estudo de São Miguel do Iguçu
Fonte: Autoria Própria (2017).

Analisando a Figura 5, é possível perceber duas grandes regiões do mapa em que predomina o Latossolo Vermelho, sendo que a maior área vai desde a porção Noroeste até a porção Sudoeste do mapa, e a outra área, menor que a primeira, abrange a região Nordeste. Os Latossolos estão presentes em áreas com baixa declividade e dessa forma são característicos de relevos planos e, conseqüentemente, bastante intemperizados e evoluídos.

Quanto ao Nitossolo Vermelho, este está presente na maior parte região de estudo, abrangendo as mais diversas áreas, de Norte a Sul do mapa. Ele está presente em áreas com uma declividade média, ou seja, com relevos ondulados, e se comparado aos Latossolos, possui um menor grau de intemperismo, fazendo com que seja menos evoluído e menos profundo.

Já os Neossolos Litólicos abrangem quatro regiões distintas do perímetro. A maior área localiza-se na porção Leste do mapa, enquanto a menor localiza-se na porção Sudeste. As outras duas áreas localizam-se na região Nordeste e Sudoeste. Os Neossolos estão presentes em áreas com alta declividade, ou seja, em áreas com relevo fortemente ondulado e, dessa forma, são solos pouco intemperizados e conseqüentemente pouco profundos e estáveis.

Identificando a área urbana consolidada e a área urbana em expansão no mapa de classes do solo (Figura 6), é possível perceber que o crescimento da cidade está ocorrendo para regiões diferentes, abrangendo locais onde é possível identificar, separadamente, os três tipos de solo da área de estudo.

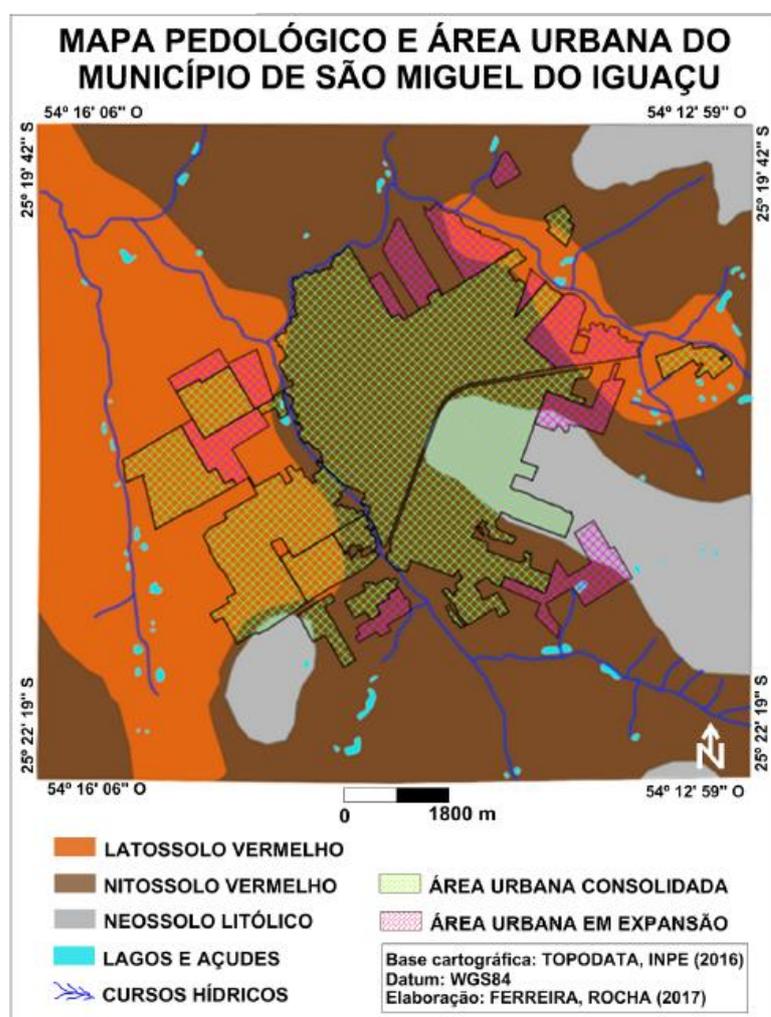


Figura 6 - Mapa Pedológico com a sobreposição da área urbana de São Miguel do Iguaçu

Fonte: Autoria Própria (2017).

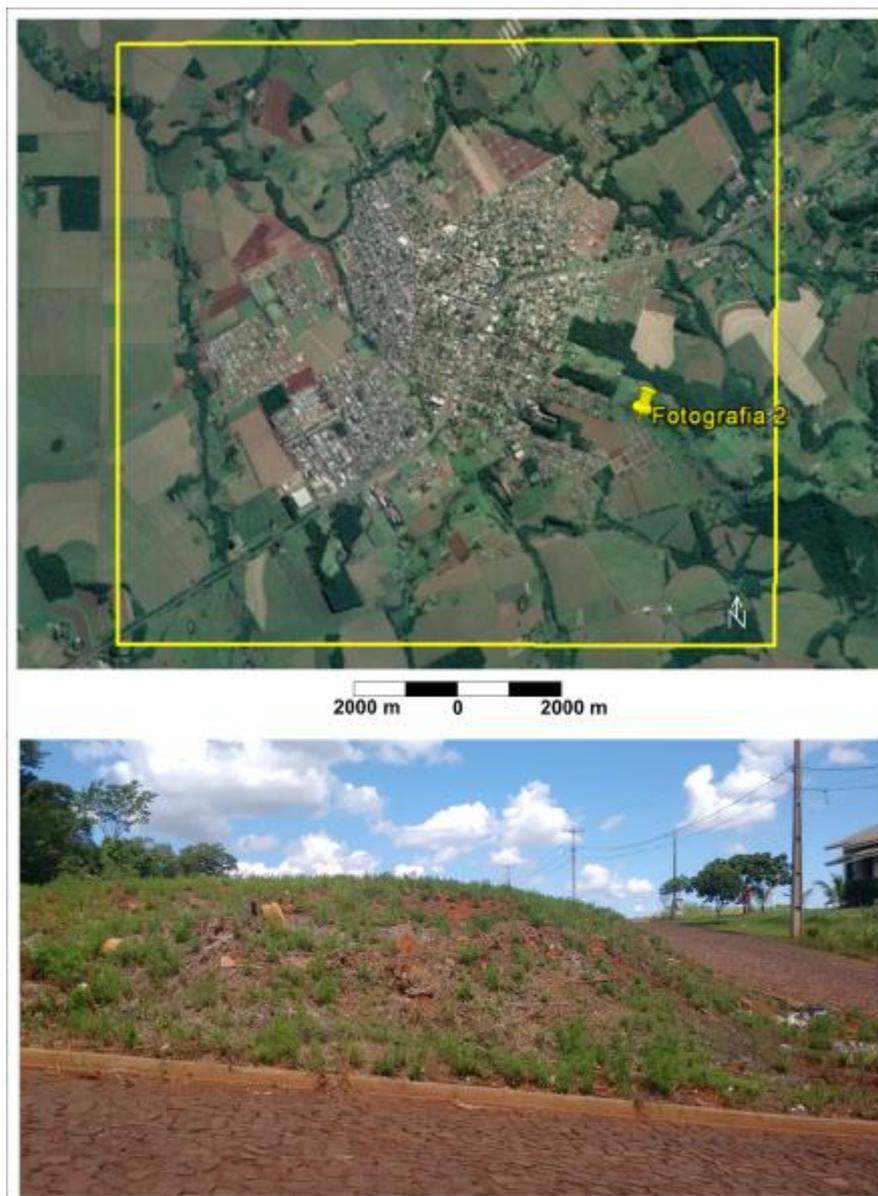
Observando a Figura 6, é possível perceber que a área urbana consolidada

está situada predominantemente nas regiões de Nitossolo Vermelho. Esse tipo de solo é resistente ao desenvolvimento e evolução de processos erosivos uma vez que é relativamente intemperizado. Porém, como muitas vezes o Nitossolo está associado a relevos de declividade mais acentuados, podem ocorrer restrições para a urbanização.

Uma parte menor da área urbana consolidada está localizada em regiões de Latossolo Vermelho. Esse tipo de solo é mais resistente que os Nitossolos em relação ao desenvolvimento e evolução de processos erosivos uma vez que é mais profundo e mais intemperizado. Também, pelo fato de ocorrer predominantemente em relevos planos e suave ondulados e em menor grau em relevos ondulados, os Latossolos Vermelhos são recomendados para a urbanização, uma vez que são solos estáveis.

Uma pequena parcela da área urbana consolidada está situada em uma região de Neossolo Litólico, a leste do mapa da Figura 6. Pelo fato desse tipo de solo ser pouco intemperizado e conseqüentemente muito raso, ele se torna susceptível ao desenvolvimento e evolução de processos erosivos quando associado a relevos declivosos, tornando-se indicado, prioritariamente, para a preservação da flora e da fauna e não recomendado para a urbanização.

Quanto a expansão da área urbana, percebe-se que está ocorrendo predominantemente para regiões com presença de Latossolo e Nitossolo Vermelhos. Porém, há duas áreas que merecem atenção pelo fato da expansão da área urbana estar ocorrendo em Neossolo Litólico, estando sujeita ao desenvolvimento e evolução de processos erosivos, bem como a problemas de drenagem, uma vez que este solo é raso e possui uma fragilidade alta. Uma dessas áreas, que deveria estar preservada, está evidenciada na Fotografia 2.



Fotografia 2 - Área de expansão urbana em região de Neossolo Litólico no município de São Miguel do Iguçu
Fonte: Autoria própria (2017).

Não somente os tipos de solos devem ser considerados, mas também a declividade, pois por meio do seu mapeamento é possível identificar as áreas com maior e menor inclinação e desta forma, as áreas com maior e menor probabilidade a ocorrência de eventos erosivos.

Vale ressaltar que quanto maior o grau de inclinação de um terreno, maior será seu potencial para o desenvolvimento de processos erosivos, uma vez que relevos muito dissecados favorecem um maior escoamento superficial da água, aumentando assim a intensidade erosiva das chuvas, sendo que em regiões mais planas haverá um desgaste menor da superfície já que a velocidade da água será

reduzida, proporcionando uma maior deposição de sedimentos.

O mapa de declividade da área de estudo, representado na Figura 7, indica que as áreas com declividade forte e muito forte estão situadas na região nordeste, sudeste e sudoeste, havendo uma maior probabilidade de erosão nessas regiões, uma vez que nestes pontos a dissecação do terreno é superior a 20%.

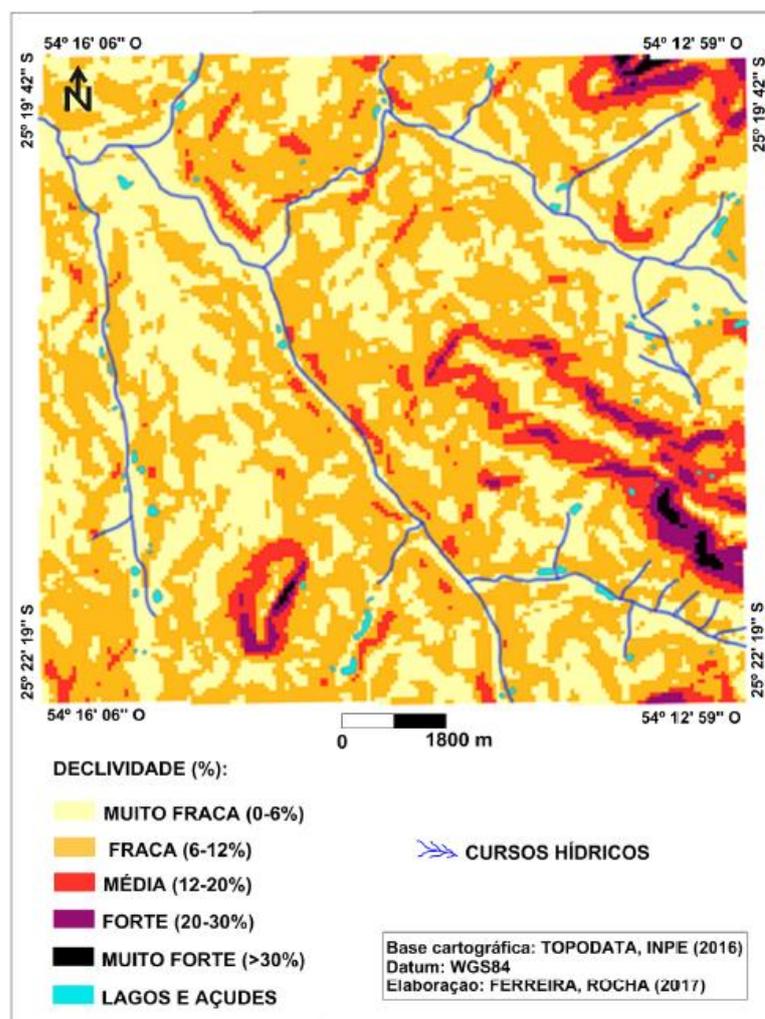


Figura 7 - Mapa de Declividade da área de estudo de São Miguel do Iguazu
Fonte: Autoria Própria (2017).

Os terrenos com dissecação de até 6% são considerados áreas com declividade muito fraca, ou seja, caracterizam terrenos planos ou suavemente ondulados, sendo assim, esses locais são indicados para a urbanização, uma vez que possuem uma fragilidade muito baixa. Também podem ser indicados para a instalação de limites urbanos industriais ou então para práticas agrícolas mecanizadas, já que suportariam maquinaria pesada. Porém, se essas áreas estiverem localizadas próximas a cursos hídricos, serão suscetíveis a enchentes e

problemas de drenagem.

Os terrenos com dissecação de 6 a 12%, são considerados áreas com declividade fraca, ou seja, caracterizam terrenos moderadamente ondulados, dessa forma, esses locais também são indicados para a urbanização, principalmente com áreas residenciais, uma vez que possuem uma fragilidade baixa. Essas regiões ainda podem ser utilizadas para agricultura mecanizada, porém este é o limite máximo para tal prática. A partir dessa classe de declividade o controle da erosão já se torna indispensável.

Os terrenos com dissecação de 12 a 20% e de 20 a 30%, são considerados áreas com declividade média e forte respectivamente, ou seja, caracterizam terrenos ondulados a forte ondulados, sendo assim, esses locais podem ser urbanizados, entretanto com algumas restrições, uma vez que possuem uma fragilidade média e forte. Deve-se ressaltar que a classe de 30% seria o limite máximo para instalações urbanas, sendo que estas exigiriam infraestrutura de alto custo, devido a alta declividade. Essas áreas também são muito íngremes para o cultivo, necessitando-se de terraceamento como medida de controle da erosão.

E por fim, os terrenos com dissecação acima de 30%, são considerados áreas com declividade muito forte, ou seja, caracterizam terrenos que vão desde forte ondulados até montanhosos, dessa forma, esses locais não devem ser urbanizados, uma vez que possuem uma fragilidade muito alta. Nessas áreas, indica-se apenas o plantio e a preservação da cobertura florestal, devido ao risco de sérios problemas de erosão e de instabilidade de vertentes.

Identificando a área urbana consolidada e a área urbana em expansão no mapa de declividade, é possível perceber que o crescimento da cidade está ocorrendo, predominantemente, em áreas com fragilidades muito baixa e baixa, conforme pode ser observado na Figura 8.

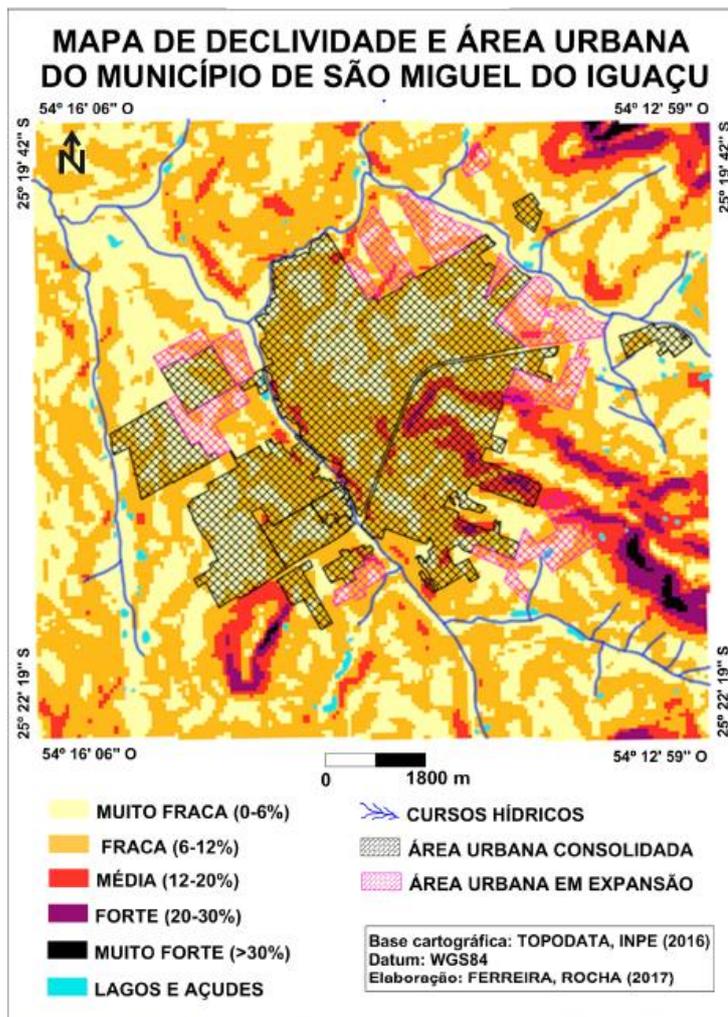


Figura 8 - Mapa de declividade com a sobreposição da área urbana de São Miguel do Iguaçu
Fonte: Autoria Própria (2017).

Confrontando o mapa de declividade com os setores da área de estudo, observa-se que a área urbana consolidada está predominantemente localizada em regiões em que a declividade é baixa, o que se leva a inferir que o risco de acontecimentos de processos erosivos, provenientes da inclinação do terreno é menor. Porém, na região central do mapa em que há a ocupação urbana, percebe-se uma declividade mais acentuada, pelo fato dela localizar-se em uma região com inclinação de 12 a 30%. Nesses locais, o risco de desenvolvimento de processos erosivos, tais como desmoronamentos, deslizamentos, formação de ravinas, voçorocas, etc. é muito maior.

Ao avaliar a ocupação das áreas urbanas em expansão na Figura 8, é possível perceber que o crescimento da cidade vem ocorrendo, principalmente, em regiões em que a declividade é baixa, fazendo com que o risco ambiental

apresentado pela expansão urbana, nessa região, seja mínimo. Entretanto, na região sudeste do mapa, percebe-se que a expansão da área urbana está acontecendo em uma região em que a declividade varia de 12 a 30%, sendo necessário que o empreendimento ou residência que se instalar aí, invista em uma infraestrutura de maior custo, para que sua edificação não se comprometa devido a declividade acentuada.

Um problema que pode ocorrer nas regiões mais planas, próximas de áreas com declividade forte, é que podem ser atingidas por desmoronamentos e deslizamentos de terra provenientes dos setores superiores dos morros, podendo comprometer dessa forma, as ocupações nas áreas de declividade baixa.

4.3. ANÁLISE DO MAPEAMENTO DA FRAGILIDADE POTENCIAL DA ÁREA URBANA E PERIURBANA DE SÃO MIGUEL DO IGUAÇU

A análise individualizada da fragilidade dos solos e da declividade do relevo não é suficiente para elaboração de estudos ambientais urbanos detalhados. Dessa forma, é preciso fazer o cruzamento de informações geomorfológicas e pedológicas visando o mapeamento das fragilidades potenciais (Figura 9). Esse mapeamento tem uma maior representatividade da vulnerabilidade natural do ambiente de estudo, uma vez que leva em consideração as características do ambiente físico (índice de declividade, textura e grupo de solo e informações climáticas), avaliando-as de maneira integrada. Vale ressaltar que na área de estudo, para elaboração do mapa de fragilidade potencial, não se levou em consideração as informações climáticas, uma vez que a área estudada é pequena e não possui alterações no seu microclima.

O mapeamento da fragilidade ambiental da área urbana e periurbana permitiu verificar o predomínio de fragilidades muito fraca e fraca na maior parte da área de estudo. Já a fragilidade média, encontra-se dispersa em diversas regiões do perímetro, e as fragilidades forte e muito forte encontram-se localizadas nos setores Nordeste, Leste, Sudeste e Sudoeste do mapa da Figura 9.

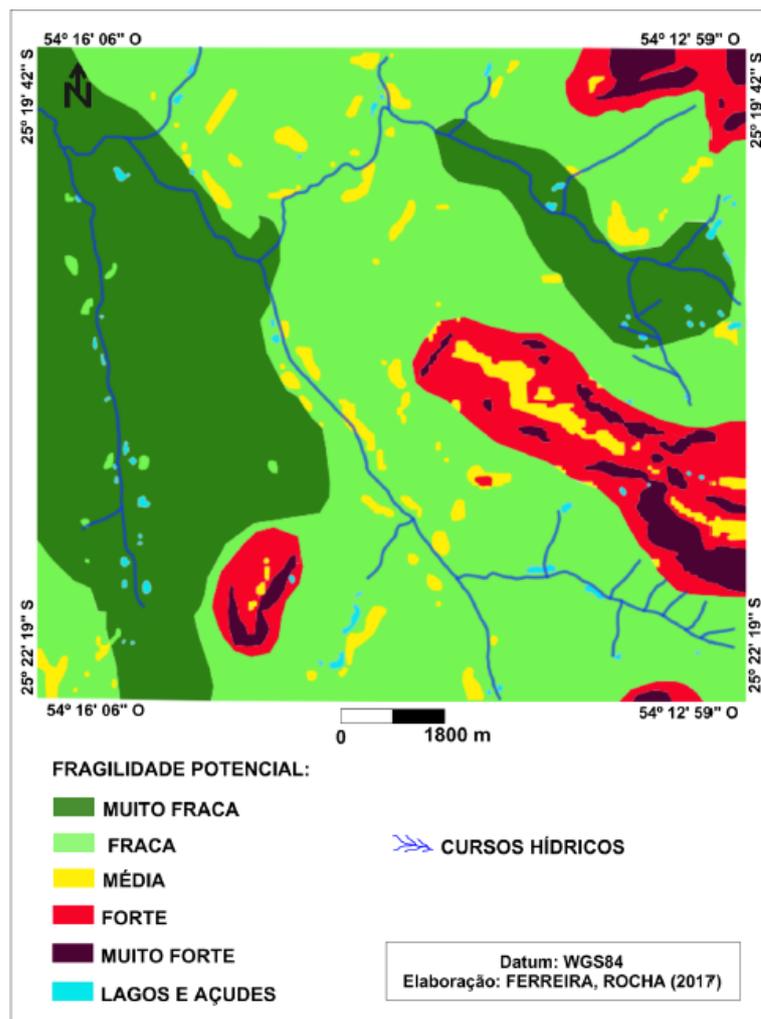


Figura 9 - Mapa de Fragilidade Potencial da área de estudo de São Miguel do Iguçu
Fonte: Autoria Própria (2017).

As áreas consideradas com fragilidade potencial muito fraca, estão localizadas em duas grandes regiões da área de estudo, no setor Oeste e no setor Nordeste da área de estudo. Compreendem esse tipo de fragilidade, as áreas em que se constata a presença de um solo com fragilidade muito fraca, Latossolo Vermelho, e declividade muito fraca a fraca, de 0 a 12%, sendo regiões favoráveis para a ocupação urbana. A Fotografia 3 representa uma área com fragilidade potencial muito fraca.



Fotografia 3 - Área com classe de Fragilidade Potencial muito fraca no município de São Miguel do Iguaçu
Fonte: Autoria própria (2017).

Já as regiões consideradas com fragilidade potencial fraca, abrangem a maior parte da área de estudo, e compreendem as áreas em que há a presença de Nitossolo Vermelho, e declividade de 0 a 12%, que caracterizam fragilidades que vão de muito fraca a fraca, ou então possuem Latossolo Vermelho associado a uma declividade média (12 a 20%). As regiões com esse tipo de fragilidade potencial também são consideradas favoráveis para a ocupação urbana.

As áreas com declividade média (12 a 20%) e presença de Nitossolos Vermelhos, ou declividade muito fraca (0 a 6%) e presença de solos com grau de fragilidade muito forte, caracterizada por Neossolos, compreendem as regiões com

uma fragilidade potencial média, podendo ser urbanizadas desde que com um planejamento cuidadoso e com uma boa infraestrutura. A Fotografia 4 representa um local com classe média de fragilidade.



Fotografia 4 - Área com classe de Fragilidade Potencial média no município de São Miguel do Iguaçu
Fonte: Aatoria própria (2017).

As áreas consideradas com fragilidade potencial forte, estão localizadas em quatro regiões distintas da área de estudo, no setor Nordeste, Leste, Sudeste e Sudoeste do mapa da Figura 9. Compreendem esse tipo de fragilidade, as áreas em que se constata a presença de um solo com fragilidade muito forte, Neossolo, e declividade fraca a média, de 12 a 20%, sendo regiões desfavoráveis para a

ocupação urbana, uma vez que são mais suscetíveis a ocorrência de processos erosivos.

Já as áreas com presença de Neossolos e declividade forte (20-30%) a muito forte (>30%), caracterizam regiões com fragilidade potencial muito forte. Para os locais com esse tipo de fragilidade, recomenda-se que não sejam urbanizados, uma vez que, devido ao tipo de solo raso e declividade acentuada, o risco de desenvolvimento de processos erosivos é elevado. A Fotografia 5 mostra uma área com fragilidade potencial muito forte.



Fotografia 5 - Área com classe de Fragilidade Potencial muito forte no município de São Miguel do Iguazu

Fonte: A autoria própria (2017).

A natureza apresenta uma funcionalidade intrínseca entre suas componentes bióticas e físicas, de modo que todas as suas componentes estão interligadas, em equilíbrio dinâmico. Devido as atividades antrópicas, onde as condições naturais das coberturas vegetais são alteradas e substituídas por pastagens, plantações, casas, etc., esse equilíbrio é desestabilizado, fazendo com que fatores climáticos, como chuvas, ajam diretamente sobre o solo gerando estados de desequilíbrios temporários ou até mesmo permanentes (SPORL, 2001).

Dessa forma, fazendo o cruzamento entre o mapa de fragilidade potencial e o de uso e cobertura da terra, é possível identificar a influência das ações antrópicas sobre o ambiente natural. Neste sentido, quando se correlaciona o mapa de fragilidade potencial com as áreas urbanas consolidadas e em expansão, torna-se possível avaliar se as áreas antrópicas encontram-se em áreas de estabilidade ou instabilidade ambiental.

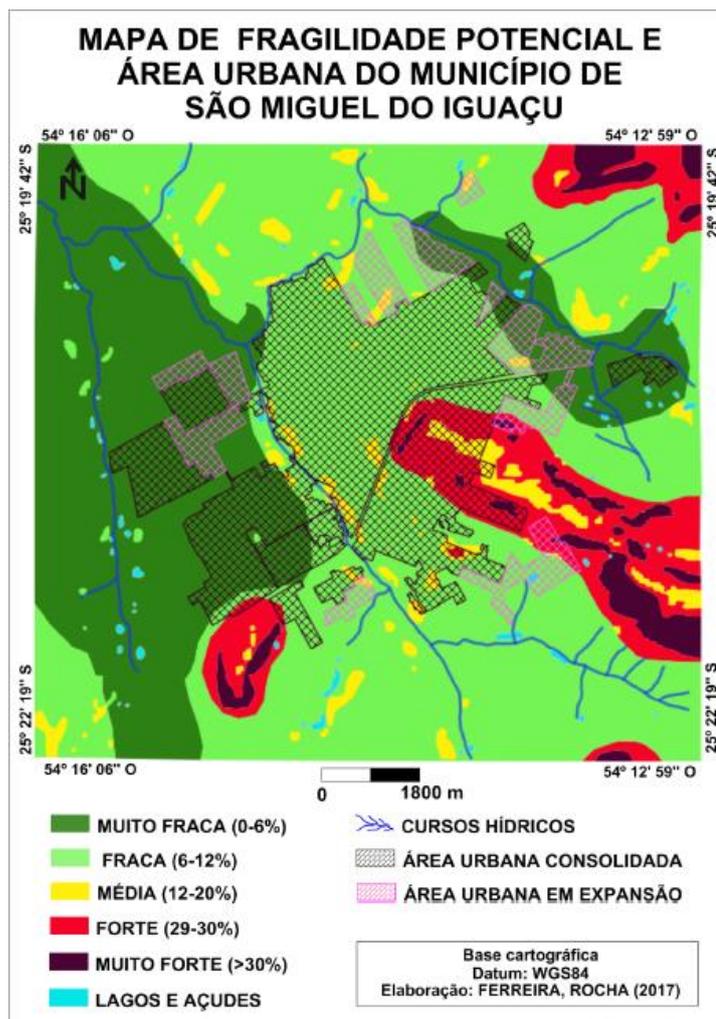
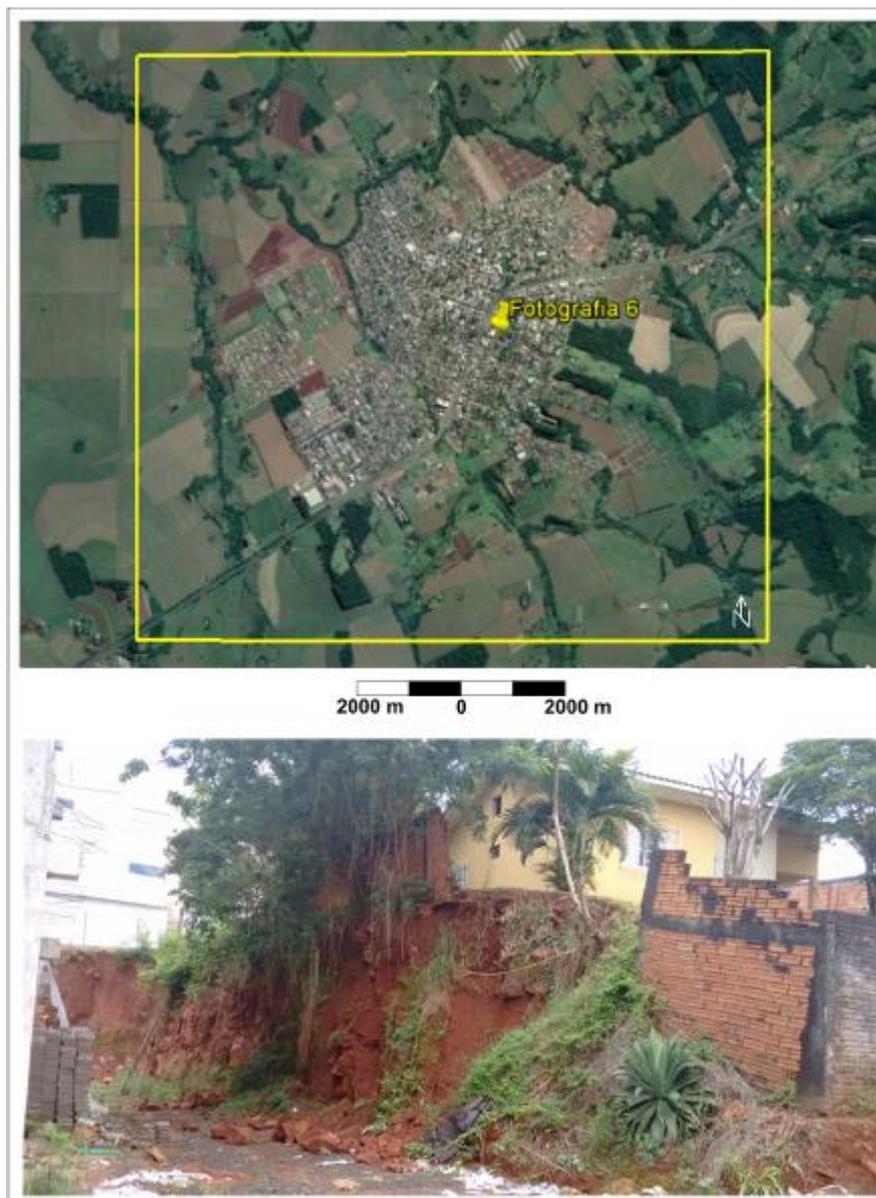


Figura 10 - Mapa da Fragilidade Potencial com a sobreposição da área urbana de São Miguel do Iguaçu
Fonte: Autoria Própria (2017).

Observando a área urbana consolidada no mapa da Figura 10, pode-se perceber que a maior parte dessa área está localizada em regiões de fragilidade potencial muito fraca a fraca, que caracterizam-se por serem locais planos e com solos mais profundos, e dessa maneira mais estáveis do ponto de vista ambiental.

Porém, no setor Oeste, nota-se que a área urbana expandiu para uma região em que a fragilidade varia de média a muito forte. Esses locais deveriam ser destinados como áreas de preservação permanente, uma vez que a probabilidade de ocorrência de procesos erosivos nessas áreas é muito elevada, devido a inclinação do terreno acentuada e presença de solos mais rasos, podendo comprometer a estrutura das habitações presentes nesses setores. A Fotografia 6 mostra um local em que há a ocupação urbana e uma fragilidade muito forte.



Fotografia 6 - Área com ocupação urbana e fragilidade muito forte no município de São Miguel do Iguaçu
Fonte: Autoria própria (2017).

Observando a área urbana em expansão no mapa da Figura 10, pode-se perceber que, assim como na área urbana consolidada, a maior parte dessa área está localizada em regiões de fragilidade potencial muito fraca a fraca, não apresentando restrição ao crescimento urbano, sendo essas as regiões mais recomendadas para que ocorra a expansão de novos loteamentos, já que estão localizadas em relevos planos e solos profundos, não apresentando, então, suscetibilidade a processos erosivos.

Entretanto, no setor Oeste do mapa da Figura 10, percebe-se que a área urbana está expandindo para uma região de fragilidade forte a muito forte, sendo

que esses locais deveriam ser destinados a áreas de preservação, uma vez que o grau de proteção tanto de áreas urbanas consolidadas como em expansão, é muito baixo. Dessa forma, o desenvolvimento de processos erosivos nesses locais é algo eminente.

No contexto rural também é possível correlacionar a área agrícola com a fragilidade potencial da área de estudo. Com a sobreposição dos mapas torna-se preponderante identificar a quais classes de fragilidade as regiões agricultáveis estão associadas (Figura 11).

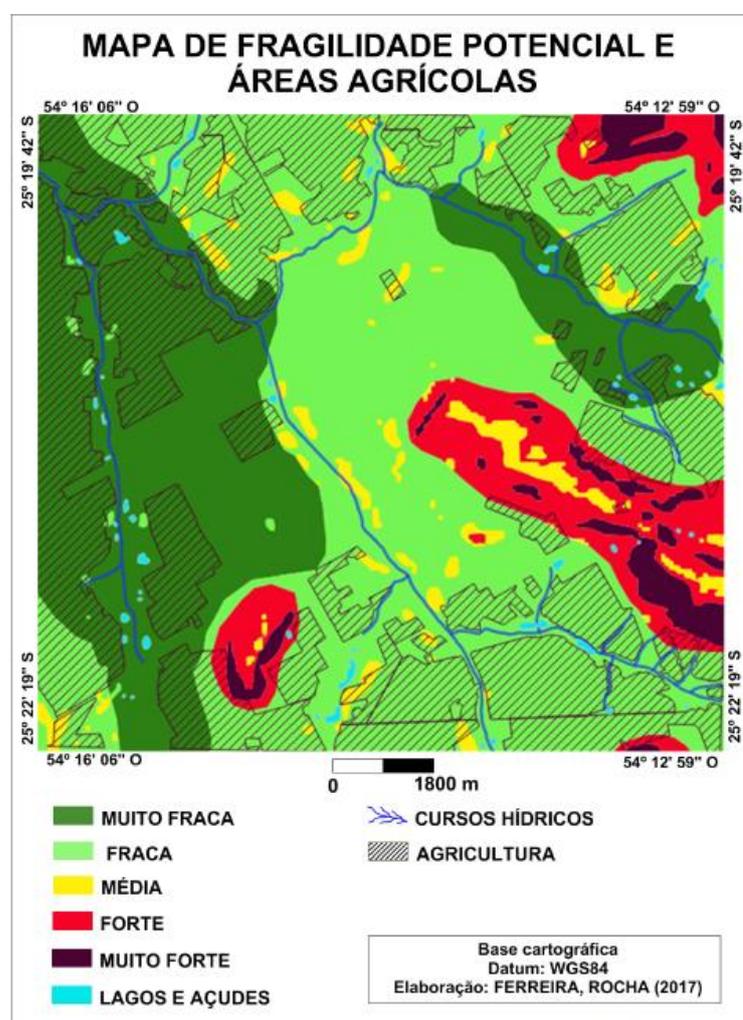


Figura 11 - Mapa de Fragilidade Potencial com a sobreposição das áreas agrícolas de São Miguel do Iguaçu
Fonte: Aatoria Própria (2017).

Obsevando a Figura 11, é possível verificar que as áreas agrícolas estão presentes principalmente em setores em que a fragilidade é baixa e muito baixa, onde os solos são profundos e inteperizados e o relevo é predominantemente plano.

Essas características permitem o desenvolvimento de uma agricultura mecanizada, que é observada principalmente no cultivo de soja e milho da região.

No setor Sudoeste, percebe-se que a prática agrícola está situada em uma área em que a fragilidade é forte e muito forte, sendo que nesses locais é recomendado que se tenha a utilização somente como áreas de preservação, pois mesmo que algumas técnicas conservacionistas sejam adotadas, o risco de desenvolvimento de processos erosivos ainda é muito alto.

É possível perceber ainda, que em muitos setores da área em estudo, as culturas agrícolas estão ocupando áreas, próximas de corpos hídricos, que deveriam ser destinadas à preservação da mata ciliar. Esse “desrespeito” dos limites impostos pela legislação ambiental, além de infringir a leis associadas a mata ciliar, ainda acarretam em uma série de problemas ambientais, tais como o a eutrofização desses ambientes aquáticos, uma vez que os fertilizantes agrícolas e as partículas de solo são carregados para seu interior pela ação das chuvas, comprometendo a macro e microfauna e também a qualidade das águas.

Por fim, fazendo o cruzamento entre o mapa de fragilidade potencial e as áreas de vegetação florestal e pastagens, se obtém a Figura 12, em que é possível identificar a quais classes de fragilidade os usos citados estão associados.

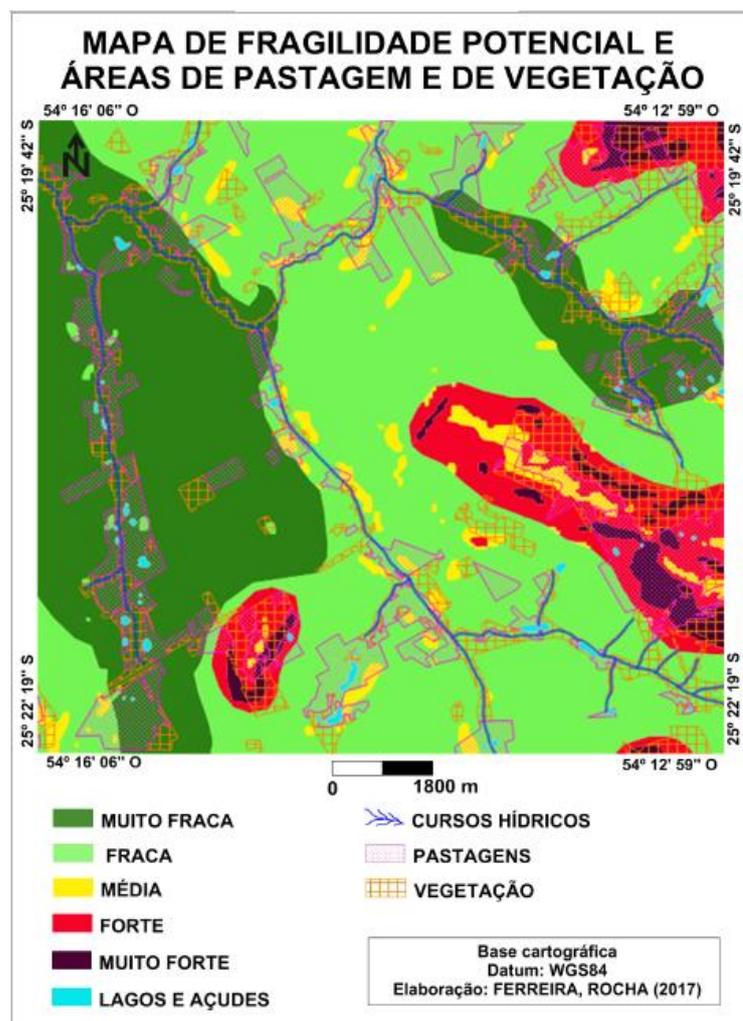
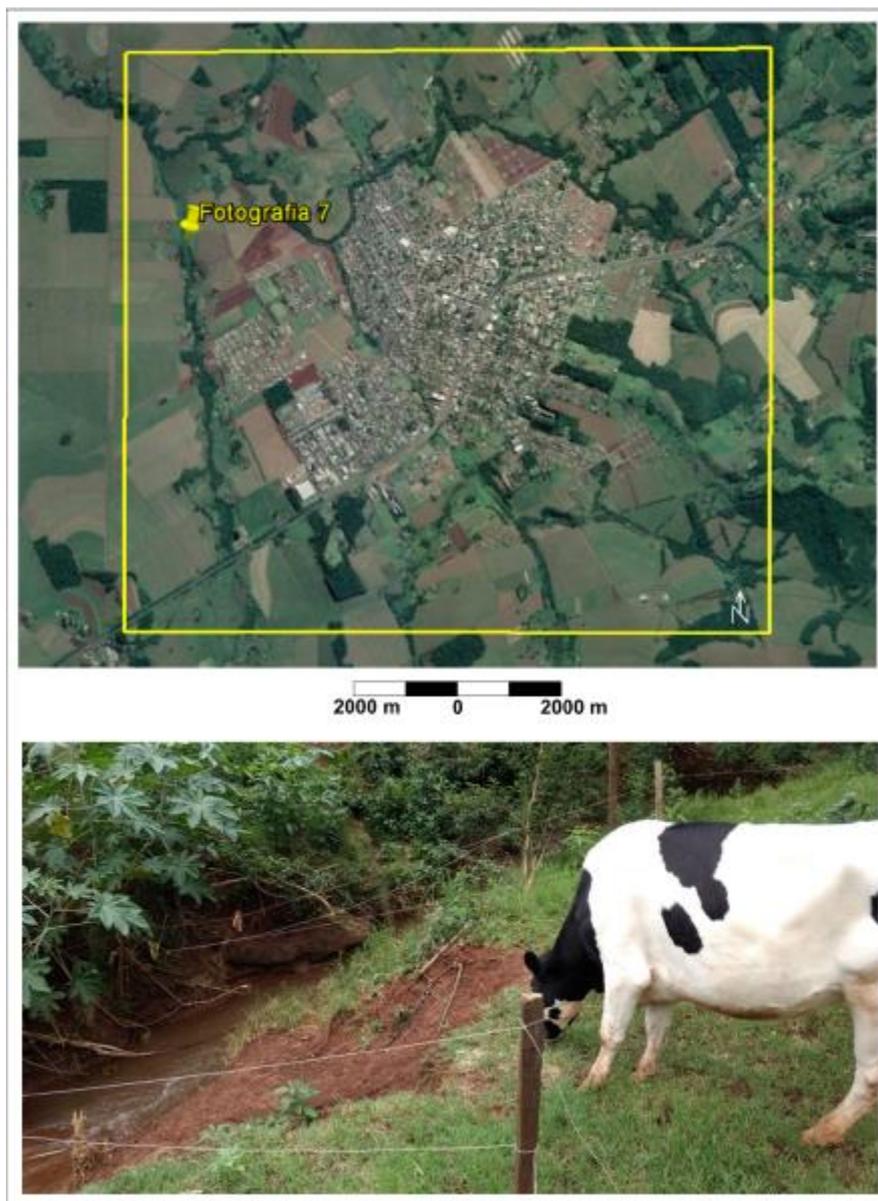


Figura 12 - Mapa de Fragilidade Potencial com a sobreposição das áreas de pastagem e de vegetação de São Miguel do Iguaçu
Fonte: Autoria Própria (2017).

Observando as áreas de pastagem na Figura 12, é possível verificar que essas áreas estão localizadas em todas as classes de fragilidade, desde a muito fraca até a muito forte. Esse tipo de cobertura tem um grau de proteção médio a alto, entretanto quando há a presença de gado, este acaba pisoteando o solo, compactando-o e contribuindo para o desenvolvimento de processos erosivos. Em muitos locais, percebe-se que as áreas de pastagem ocupam as regiões, próximas de cursos hídricos, em que deveria haver o predomínio de mata ciliar. Isto ocorre muitas vezes, porque o gado utiliza essas fontes de água para dessedentação, o que acaba acarretando no assoreamento desses cursos. A Fotografia 7 mostra um local em que o rio é utilizado pelos animais para esse fim.



Fotografia 7 - Curso hídrico utilizado para a dessedentação de animais no município de São Miguel do Iguçu
Fonte: Autoria própria (2017).

Assim como as áreas de pastagem, as áreas de vegetação florestal estão localizadas em todas as classes de fragilidade, desde a muito fraca até a muito forte, estando presentes também às margens dos cursos hídricos. Esse tipo de cobertura possui um grau de proteção muito alto, dessa forma é indicado principalmente para regiões com alto grau de fragilidade e também, para margens de cursos hídricos. No mapa da Figura 12, podemos perceber que a mata ciliar ao longo dos cursos presentes na área de estudo se encontram falhadas e descontínuas, acarretando em diversos problemas, como a erosão, o assoreamento, poluição por fertilizantes e agrotóxicos.

Dessa forma, recomenda-se que os locais com fragilidade forte e muito forte sejam utilizados somente como reserva legal ou área de preservação permanente, pois mesmo que técnicas conservacionistas sejam adotadas a possibilidade de ocorrer processos geomorfológicos que impactam o meio natural continuam sendo elevadas.

4.4. RECOMENDAÇÕES DE AÇÕES E PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS PARA AS ÁREAS COM GRAUS DE FRAGILIDADE AMBIENTAL ELEVADO.

Devido às ocupações irregulares identificadas nas áreas de fragilidade alta, faz-se necessário um conjunto de técnicas conservacionistas com o intuito de preservar essas áreas e conter o desenvolvimento e evolução de possíveis processos erosivos. Diante disso, a seguir, são elencadas algumas técnicas que podem contribuir com a estabilidade ambiental da área urbana e periurbana do município de São Miguel do Iguaçu.

4.4.1. Recomendações para áreas urbanizadas com fragilidade média a muito alta

A ocupação urbana desordenada atua como um agente desencadeador de vários processos erosivos, uma vez que aumenta o surgimento de habitações em locais impróprios sem a utilização de um planejamento criterioso que leve em consideração as especificidades do local, e sem uma infraestrutura adequada, somadas ainda às características do meio biótico e físico.

Como muitas alternativas de contenção dos efeitos dos processos erosivos são caras e de difícil execução, o ideal é investir em práticas de prevenção. Todos os projetos de loteamentos novos ou de conjuntos habitacionais, devem contar com um bom planejamento urbanístico ambiental, contemplando de maneira eficiente um sistema de drenagem, além de obras para correção de processos erosivos que já estejam instalados no local (ALMEIDA FILHO, 2017).

O município deve contar com um plano de prevenção de erosão urbana,

para que este possa ordenar o assentamento urbano, estabelecendo normas básicas que evitem problemas erosivos futuros, advindos de uma ocupação desordenada e sem planejamento. Este plano deve acompanhar a expansão urbana e sua infraestrutura de modo a restringir o uso e ocupação do solo inadequados, por meio de uma predeterminação do desempenho da interação entre o meio físico e o uso do solo, que pode ser atingida com um estudo sobre a fragilidade ambiental do município, dando embasamento para a criação de cartas geotécnicas, em que estas apresentam tanto limitações quanto potencialidades dos terrenos a serem ocupados e estabelecem diretrizes para essas ocupações (LAFAYETTE, 2017).

Segundo Almeida Filho (2017), para prevenir e minimizar os processos erosivos na área urbana, é interessante que se invista em medidas, tais como:

- a) Detenção de águas a montante por meio da preservação da vegetação nativa, que faz com que se reduza a energia de impacto das gotas de chuva nas camadas superficiais do solo, melhorando também as condições para infiltração da água e redução da velocidade do fluxo superficial. Uma medida que pode ser tomada nesse sentido também, é em loteamentos novos, onde poucas ruas e nenhum lote devem ser desmatados inicialmente, sendo que a remoção da vegetação só será feita na véspera dos serviços de pavimentação ou de construção das casas;
- b) Micro drenagem para evitar o escoamento direto sobre o solo, por meio de estruturas que captam e conduzem as águas superficiais, como por exemplo bocas de lobo, galerias, sarjetas, etc.;
- c) Macrodrenagem para melhorar as condições do escoamento, com o intuito de diminuir os problemas advindos de erosões, assoreamentos e inundações ao longo dos principais talvegues, por meio da drenagem das águas pluviais provenientes da área urbana, para fora do perímetro urbano, até que atinjam locais adequados para deságue, como por exemplo em dissipadores de energia ou ainda, em seções artificiais ou naturais estáveis, como emissários em tubos de concreto armado ou canais abertos em gabiões e grama;
- d) Dissipadores de energia na saída de emissários, com a finalidade de diminuir a velocidade do escoamento das águas nos pontos de descarga, permitindo assim um escoamento mais tranquilo no

- talvegue receptor;
- e) Pavimentação, com o intuito de evitar a erosão laminar e a erosão em sulcos, em ruas em que a declividade é maior, assegurando assim uma maior eficiência do sistema de micro drenagem;
 - f) Criação de ruas paralelas às curvas de nível, com o intuito de obrigar trajetórias menos agressiva das águas pluviais;
 - g) Estabilização de Taludes, com o intuito de protege-los contra a erosão e possíveis escorregamentos promovidos pelas chuvas. Essa estabilização pode ser feita por meio de serviços de terraplanagem e por medidas de proteção superficial com revegetação;
 - h) Estabilização de talvegues (leito de voçorocas), com o objetivo de impedir a evolução das voçorocas retendo os sedimentos e não a água, por meio da construção de barreiras em seu interior e;

Ainda, de acordo com Almeida Filho (2017), além das medidas acima mencionadas, é de suma importância que ocorram inspeções periódicas nas obras de prevenção, com o intuito de verificar as condições das estruturas hidráulicas, como por exemplo, checar o funcionamento de drenos, filtros, canais, dissipadores realizando os devidos reparos quando necessário, assim como realizar a limpeza e desobstruções de canais e tubulações, entre outros.

4.4.2 Recomendações para áreas agrícolas com fragilidade média a muito alta

Para controlar ou reduzir os processos erosivos em áreas com fragilidade ambiental alta, em áreas rurais, é preciso primeiramente ter conhecimento das tecnologias disponíveis para isso na agricultura, para em seguida lançar-se mão de práticas conservacionistas que busquem garantir a máxima infiltração e o mínimo escoamento superficial de águas pluviais.

A erosão, dependendo de sua intensidade, pode atingir de maneira direta os horizontes do solo, reduzindo assim o espaço para o crescimento das plantas e também a busca de nutrientes por suas raízes, tendo por consequência o empobrecimento do solo e uma baixa produtividade agrícola (ALMEIDA FILHO, 2017).

Para evitar esses problemas, o controle dos processos erosivos em áreas rurais muito frágeis, deve se fundamentar em práticas agrícolas para conservação do solo como por exemplo a rotação de culturas e a adubação verde, o sistema plantio direto e a manutenção de cobertura no solo, o terraceamento, os canais escoadouros, o cultivo em nível, etc.

A rotação de culturas consiste no plantio planejado e alternado de diferentes plantas, que recuperam e conservam o solo, no decorrer do tempo, em uma mesma área, visando o controle de doenças e de pragas e também, a melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo. Dessa forma, como muitas propriedades agrícolas optam pelo monocultivo para fins comerciais e econômicos, a exemplo da soja e do milho, torna-se fundamental a presença de outras espécies de plantas, que acabem tornando o sistema mais produtivo e autossustentável. Essas espécies de plantas são conhecidas como adubos verdes (LAFAYETTE, 2017).

De acordo com a Ageitec (2017), a adubação verde é muito importante para a conservação dos solos e recuperação de áreas degradadas, pois produz grande quantidade de matéria orgânica essencial para o controle de processos erosivos, para o aumento dos níveis de carbono e da porosidade biológica do solo, para a diminuição de ervas daninhas e para a ciclagem de nutrientes e fertilização do solo. As espécies vegetais que podem ser utilizadas para este fim são: nabo forrageiro, mucuna preta, tremoço, ervilhaca, milheto, aveia, etc.

Segundo Barros e Calado (2011), é importante ressaltar que o aumento da porosidade biológica do solo, permite uma maior infiltração de água, reduzindo o escoamento superficial e em consequência, a erosão hídrica, evitando-se assim o desenvolvimento de processos erosivos, como sulcos, ravinas, voçorocas e, contribuindo também para um menor arraste de partículas de solo até os cursos hídricos próximos.

Para o sucesso do sistema plantio direto, é necessário a união da rotação de culturas, da adubação verde (cobertura do solo) e do não revolvimento do solo, realizando assim semeadura direta sob a palhada da cultura anterior, protegendo o solo contra o impacto das gotas de chuva, evitando ou diminuindo assim a erosão hídrica e eólica e melhorando também o seu comportamento térmico e hídrico, além de protegê-lo contra plantas invasoras (AGEITEC, 2017).

De acordo com Almeida Filho (2017), outra prática para controle da erosão e que pode complementar o plantio direto, oferecendo uma maior proteção ao solo, é

o terraceamento. Podem ser diversos os métodos usados para isso como o terraço em nível, o terraço em gradiente, o terraço em patamar, entre outros, sendo que a escolha do melhor método vai depender das condições do terreno.

A técnica de terraceamento consiste na fragmentação de uma área íngreme em várias frações, possibilitando a redução da velocidade do deflúvio e também subdividindo o escoamento superficial, facilitando desse modo, uma maior infiltração de água no solo. O terraceamento pode ainda, disciplinar o escoamento superficial da água até o leito dos canais escoadouros vegetados (MARIA; PECHE FILHO, 2009).

Os canais escoadouros são estruturas naturais (depressões) ou construídas com dimensões apropriadas, protegidas por vegetação nativa, capazes de conduzir o fluxo de águas pluviais coletado até as regiões mais baixas do terreno, de modo a não causar erosão. Geralmente, busca-se aproveitar áreas de depressão natural, zonas arbustivas, regiões de pasto ou de bordas de matos (PRÁTICAS, 2017).

É importante ressaltar que os terraços sempre devem estar associados a esses canais escoadouros vegetados, para que as enxurradas, provenientes do escoamento superficial das águas pluviais, sejam conduzidas de maneira adequada até as porções mais baixas do terreno, para que assim não haja riscos de erosão (GOLLA, 2006).

4.4.3 Recomendações para áreas de pastagem com fragilidade média a muito alta

Quando comparados com as áreas agrícolas, os solos das áreas de pastagens apresentam problemas relacionados com a fertilidade natural, acidez, topografia (uma vez que 80% das áreas de pastagem estão localizadas em regiões declivosas), pedregosidade e até mesmo limitações de drenagem (MACEDO, 1996), fazendo com que se tornem áreas suscetíveis para o desenvolvimento de processos erosivos, principalmente quando localizadas em regiões frágeis ambientalmente, exigindo assim um manejo adequado. Dessa forma, é preciso que os proprietários saibam qual é o tempo de ocupação e descanso ideal para o solo nessas regiões, se baseando no número de animais que ali pastam (GOLLA, 2006).

Para Almeida Filho (2012), o constante pisoteio do gado em áreas de

pastagens pode acabar provocando o raleamento ou até mesmo a perda total da cobertura vegetal do solo, deixando-o exposto e fazendo com que essas áreas fiquem mais suscetíveis à compactação e à erosão. Dessa forma, é imprescindível que as áreas de pastagens tenham um período de descanso, em que não haverá a ocupação pelo gado, permitindo a recuperação da vegetação ali existente e também do solo. Esse tempo de pousio dependerá das características físicas, químicas e biológicas do solo de cada região, devendo ser ajustada periodicamente, de acordo com o grau de degradação da área.

Uma outra técnica muito empregada em regiões de pastagem, são os sistemas silvipastoris (SSP). Esses sistemas, quando comparados aos convencionais, são mais sustentáveis e proporcionam uma maior produção. Os SSP são caracterizados pela combinação de árvores ou arbustos, com pastagens e gado, com o objetivo de aproveitar serviços ou produtos destes três componentes (DIAS-FILHO, 2006).

De acordo com Oliveira et al. (2003), os SSP são vantajosos no ponto de vista ambiental, pois oferecem inúmeros benefícios para as áreas de pastagem, como por exemplo a minimização dos processos erosivos e a proteção das nascentes, e do ponto de vista econômico, pois produz madeira, forragem e frutos a médio e longo prazo, a depender da espécie cultivada.

Além dos benefícios citados, Montoya et al. (2000), cita outras vantagens dos SSP, como a descompactação do solo, a ciclagem de nutrientes e a melhoria da atividade microbiana. Outro benefício citado é a redução da erosão eólica, que estimula a conservação e a estabilização do solo, sobretudo em áreas com declividade elevada.

Além dos benefícios ambientais e econômicos, os SSP trazem benefícios sociais, uma vez que pequenos produtores poderão ocupar suas melhores terras para plantios agrícolas e, obedecendo à legislação, poderão ocupar as áreas com relevo mais acidentado, por meio de sistemas consorciados de árvores/arbustos, gado e pastagem (TEIXEIRA, 2017).

4. CONCLUSÃO

Por meio da elaboração do mapa de uso e cobertura da terra percebeu-se que a área urbana consolidada abrange cerca de 46,5% da área de estudo, seguida da agricultura com 32%, pastagens com 10%, vegetação florestal com aproximadamente 9% e área urbana em expansão de 2,5%.

Com os mapeamentos pedológicos, notou-se que a área em estudo possui três classes de solos, sendo eles o Latossolo Vermelho, Nitossolo Vermelho e Neossolo Litólico. Cruzando-se esse mapa e a área urbana, pôde-se observar que uma parte da cidade se encontra numa região de Neossolo Litólico, estando essa área sujeita ao desenvolvimento de processos erosivos, uma vez que este solo é pouco intemperizado e conseqüentemente muito raso, tornando-o um solo com fragilidade alta, sendo indicado, prioritariamente, para a preservação da flora e da fauna.

Já no que se refere a elaboração do Mapa Declividade, observou-se que a inclinação do terreno varia de muito fraca (0% - 6%) a muito forte (>30%). Cruzando-se esse mapa e a área urbana, percebeu-se que a área urbana consolidada está predominantemente localizada em regiões em que a fragilidade varia de muito baixa a baixa e que uma parte da área urbana em expansão está expandindo para uma região com declividade de até 30%, necessitando de um maior investimento em infraestrutura e em obras de contenção para as edificações que ali se instalarem.

Com relação às classes de fragilidade potenciais obtidas pelo cruzamento do mapa de declividade com o mapa pedológico, observou-se um predomínio da fragilidade fraca na área de estudo. Realizou-se também o cruzamento entre a fragilidade potencial e as áreas urbana, agrícola e de pastagens, separadamente.

Levando em consideração a área urbana no mapa de fragilidade potencial, observou-se que tanto a área urbana consolidada como a em expansão, estão predominantemente presentes nas fragilidades muito fraca e fraca. Entretanto, há parcelas dessas áreas que estão localizadas onde a fragilidade varia de média a muito forte, necessitando nesses casos de medidas de contenção, para evitar o desenvolvimento de processos erosivos que comprometam as habitações e empreendimentos ali presentes. O cruzamento desses dados, permite uma melhor visualização e identificação de regiões mais propícias para a ocupação assim como

as áreas com restrições para a expansão urbana, podendo evitar, dessa forma, o desenvolvimento de processos erosivos e possíveis danos ao homem e ao meio ambiente.

Com a associação entre o mapa de fragilidade potencial e a área agrícola, pôde-se perceber que estes locais estão presentes em regiões com fragilidade que varia de muito baixa até muito alta, com predomínio de fragilidades muito fraca e fraca, sendo que em muitas regiões são necessárias medidas de conservação, uma vez que em muitas regiões as culturas agrícolas estão ocupando áreas, próximas de corpos hídricos, que deveriam ser destinadas à preservação da mata ciliar, o que poderá acarretar no assoreamento e eutrofização desses ambientes aquáticos. Por meio desse cruzamento, é possível compreender melhor quais são os locais que mais necessitam da introdução de práticas conservacionistas de modo a melhor aproveitar e conservar o solo, trazendo dessa forma, benefícios ao meio ambiente e ao homem.

Já no que diz respeito ao cruzamento do mapa de fragilidade potencial e as áreas de pastagens, observou-se que essas áreas abrangem todas as classes de fragilidade e que em algumas regiões em que há a presença de gado, a probabilidade do desenvolvimento de processos erosivos é maior, uma vez que eles compactam o solo. Também se constatou que em algumas regiões próximas de cursos hídricos, as pastagens ocupam o lugar das matas ciliares para que o gado utilize essas fontes de água para dessedentação. Dessa forma, a correlação dessas informações permitiu identificar as áreas mais frágeis e suscetíveis a erosão, podendo adotar então, medidas conservacionistas para proteção do solo e dos recursos hídricos, beneficiando o meio ambiente e a sociedade.

Com este estudo, é possível perceber que os mapeamentos obtidos podem auxiliar no planejamento ambiental urbano e rural, uma vez que permitem identificar as áreas que são mais propícias para os diversos usos e ocupações do solo, e dessa forma, permitem propor medidas de conservação dos recursos naturais, nos setores urbano e rural do município de São Miguel do Iguaçu.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA EMBRAPA DE INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA – AGEITEC. **Conceitos e benefícios da Rotação de Culturas**. Disponível em <<http://guiadamonografia.com.br/citacao-de-site-e-artigo-da-internet/>>. Acesso em: 27 out. 2017.

AGENDA 21. **Conferência das Nações unidas sobre meio ambiente e Desenvolvimento**. Curitiba: IPARDES, 2001.

ALVARENGA, Carlos A. T.; VICTOR, Rafael; TEMPORIM, Filipe A.; FORTES, Paulo T. F. O.; GONÇALVES, José A. C. Mapa preliminar de risco geotécnico com uso de SIG na região urbana do município de Alegre-ES. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16, 2013, Foz do Iguaçu. **Anais eletrônicos XVI Simpósio de Sensoriamento Remoto – SBSR**. Foz do Iguaçu, 2013. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p1621.pdf>>. Acesso em: 29 abr. 2017.

BARROS, José F. C.; CALADO, José G. **Rotação de culturas**. Universidade de Évora, Évora, 2011. Disponível em: <<https://dspace.uevora.pt/rdpc/handle/10174/3103?locale=pt>>. Acesso em: 27 out. 2017

BERTONI, José; LOMBARDI NETO, Francisco. **Conservação do solo**. 3. ed. São Paulo: Ícone, 1990.

BUARQUE, Cristovam. **A desordem do progresso: o fim da era dos economistas e a construção do futuro**. 4. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1993.

BHERING, Silvio B.; SANTOS, Humberto G.; BOGNOLA, Itamar Antonio; CURCIO, Gustavo R.; CARVALHO JÚNIOR, Waldir; CHAGAS, César S.; MANZATTO, Celso V.; ÁGLIO, Mário Luiz D., SILVA, José S. Mapa de solos do estado do Paraná, legenda atualizada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 32, 2010, Uberlândia. **Anais eletrônicos XXXII Congresso Brasileiro de Ciência do solo**. Uberlândia, 2010. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/578217/1/SP5507.pdf>>. Acesso em: 04 mai. 2017.

BRASIL. Decreto nº 4.297, de 10 de julho de 2002. Regulamenta o art. 9o, inciso II, da Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981, estabelecendo critérios para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil - ZEE, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Poder Executivo, Brasília, DF, 11 jul. 2002.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Gestão Territorial. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/>> Acesso em: 20 abr. 2017.

CAVALCANTE, Rodrigo. **Apostila de Introdução ao SIG**. Universidade Federal de Minas Gerais, jul. 2015. 38 p. Disponível em: <<https://www.ufmg.br/proplan/wp->

content/uploads/Apostila-de-Introdu%C3%A7%C3%A3o-ao-SIG-Proplan-2015.pdf>
Acesso em: 29 abr. 2017.

CAUBET, Christian G.; FRANK, Beate. **Manejo ambiental em bacia hidrográfica: o caso do rio Benedito (Projeto Itajaí I)**. Florianópolis: Fundação Água Viva, 1993.

CABRAL, João B. P.; ROCHA, Isabel R.; MARTINS, Alécio P.; ASSUNÇÃO, HILDEU F.; BECEGATO, Valter A. Mapeamento da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio Doce (GO), utilizando técnicas de geoprocessamento, **GeoFocus (Artículos)**, n. 11, p. 51-69, jan. 2011. ISSN: 1578-5157. Disponível em <http://geofocus.rediris.es/2011/Articulo3_2011.pdf>. Acesso em: 13 abr. 2017.

COLAVITE, Ana Paula; PASSOS, Messias. M. Integração de mapas de declividade e modelos digitais tridimensionais do relevo na análise da paisagem. **Revista Geonorte**, Paraná, v.2, n.4, p. 1547-1559, 2012. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/download/2212/2086>>. Acesso em: 04 mai. 2017.

CUNHA, Sandra B.; GUERRA, Antonio José T. Degradação Ambiental. In: GUERRA, Antonio José T.; CUNHA, Sandra. B. **Geomorfologia e Meio Ambiente**. 2.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. p. 337-379.

CHAGAS, C. da S.; FONTANA, A.; CARVALHO JUNIOR, W. de; CAIRES, S. M. de. Atributos topográficos na diferenciação de Argissolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 6, p. 1441-1453, 2013. Disponível em: <<http://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=pc&id=979137&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22CARVALHO%20JUNIOR%22&qFacets=autoria:%22CARVALHO%20JUNIOR%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1>>. Acesso em: 13 abr. 2017.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. Aplicabilidade do conhecimento geomorfológico nos projetos de planejamento. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos**. 4. ed. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2001. p. 415-440.

DEGRADAÇÃO AMBIENTAL. In: GUERRA, Antônio T.; GUERRA, Antonio José T. **Dicionário geológico-geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997. p. 184.

DONHA, Annelisa G.; SOUZA, Luis C. de P.; SUGAMOSTO, Maria L. Determinação da fragilidade ambiental utilizando técnicas de suporte à decisão e SIG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.1, p. 175-181, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v10n1/v10n1a26>>. Acesso em: 13 abr. 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, DF: 2013. 353 p.

DIAS-FILHO, Moacyr B. **Formação e manejo de pastagens**. Belém, PA: Embrapa,

Amazônia Oriental, 2012. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/937485/formacao-e-manejo-de-pastagens>>. Acesso em: 30 out. 2017.

ALMEIDA FILHO, Gerson Salviano de. **Controles de erosão**. UNICAMP. Disponível em: <http://abge.org.br/uploads/arquivos/archivoseccion_244_emfococontroldeeros.pdf>. Acesso em: 28 out. 2017.

FRANCO, Maria de Assunção R. **Planejamento ambiental para a cidade sustentável**. São Paulo: Annablume: FAPESP, 2000.

GOLLA, A. R. Práticas conservacionistas na agropecuária. **Pesquisa e tecnologia**, São Paulo, 2006, v. 3, n. 1, p. 1-10, jan./jun. 2006.

GUIA SPRING para tratamento de imagens, classificação e geração de cartas. Niterói –RJ: Universidade Federal Fluminense, 2007. 55 p. Disponível em: <http://www.uff.br/geoden/docs/Guia_SPRING.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2017.

GUIA Definitivo do Google Earth. Instituto GEOeduc – Qualificação sem Fronteiras, 2017. 21 p. Disponível em: <http://www.geoeduc.com/arquivos/materiais/guia_definitivo_google_earth.pdf>. Acesso em: 29 abr. 2017.

GUIMARÃES, Mauro. Sustentabilidade e educação ambiental. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. **A questão ambiental: diferentes abordagens**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. p. 81-105.

GRIGIO, Alfredo Marcelo. **Aplicação do sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica na determinação da vulnerabilidade natural e ambiental do Município de Guaramé (RN): simulação de risco às atividades da indústria petrolífera**. 2003. 230p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica. UFRN. Disponível em: <<https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/18766/1/AlfredoMG.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2017.

HIGASHI, Rafael R.; BIM, Rodrigo. Mapeamento geotécnico de áreas de risco através de sistemas de informações geográficas e simulações computacionais no município de Palhoça. **Caderno Acadêmico Tubarão**, Palhoça, v. 2, n. 1, p. 46-52, 2010. Disponível em: <http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/Cadernos_Academicos/article/view/486/510#.V1i4APkrLIU>. Acesso em: 03 mai. 2017.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2000. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/v3/cidades/municipio/4125704>>. Acesso em: 27 mar. 2017.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Infográficos: dados gerais do município**. 2010. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=412570&search=pa>>

rana|sao-miguel-do-iguacu>. Acesso em: 20 mar. 2017.

IAPAR – Instituto Agrônômico do Paraná. **Cartas Climáticas do Paraná**. Londrina, 1998. Disponível em:

<<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=863>>. Acesso em: 27 mar. 2017.

ITCG – Instituto de Terras, Cartografias e Geologia. Solos – Estado do Paraná. 2008. Disponível em:

<http://www.itcg.pr.gov.br/arquivos/File/Produtos_DGEO/Mapas_ITCG/PDF/Mapa_Solos.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2017.

ITCG – Instituto de Terras, Cartografias e Geologia. Solos – Estado do Paraná. 2009. Disponível em:

<http://www.itcg.pr.gov.br/arquivos/File/Produtos_DGEO/Mapas_ITCG/PDF/Mapa_Fi_togeografico_A3.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2017.

KAWAKUBO, Fernando S.; MORATO, Rúbia G.; CAMPOS, Kleber C.; LUCHIARI, Ailton; ROSS, Jurandyr Luciano S. Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005. p. 2203–2210. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.19.16.10/doc/2203.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2017.

LAFAYETTE, Kalinny. **Soluções Tecnológicas para Redução da Erosão Urbana**. Universidade de Pernambuco, 2017. Disponível em:

<http://pec.poli.br/sistema/material_disciplina/fotos/Solu%C3%A7%C3%B5es%20Tecnol%C3%B3gicas.2016.pdf>. Acesso em: 23 out. 2017.

LEANDRO, Diuliana. **Modelagem de fragilidade ambiental usando índices baseados em dados espaciais e com suporte de sistema especialista**. 2013. 133 f. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) - Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

LEMOS, Antônio Carlos P. N. Planejamento e gerenciamento da exploração dos recursos naturais. In: CAMPOS, H.; CHASSOT, A. **Ciências da terra e meio ambiente: diálogos para (inter)ações no Planeta**. São Leopoldo: Editora Unisinos, 1999. p. 51- 73.

LIMA, Myrian D. V.; RONCAGLIO, Cynthia. Degradação socioambiental urbana, políticas públicas e cidadania. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, n. 3, p. 53-63, jan./jun. 2001. Disponível em:

<revistas.ufpr.br/made/article/download/3028/2419>. Acesso em: 17 abr. 2017.

MACEDO, Manuel Claudio. **Métodos de recuperação de pastagens degradadas**. 1996. Disponível em:

<<https://assets.publishing.service.gov.uk/media/57a08db640f0b652dd001b02/R6606s.pdf>>. Acesso em: 30 out. 2017.

MARIA, Isabella C.; PECHE FILHO, Afonso. Terraceamento complementa proteção

da superfície. Revista Visão Agrícola, nº9, p. 140-143, 2009. Disponível em: <<http://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA9-Ambiente03.pdf>>. Acesso em: 27 out. 2017.

MENDONÇA, Francisco A. **Geografia e meio ambiente**. 2. ed. São Paulo: Contexto: 1994.

_____; LISITA, Cyro. A relação sociedade-natureza e a construção do espaço geográfico no ocidente. In: Simpósio Brasileiro de Geografia Aplicada/ Fórum Latino-Americano de Geografia Física Aplicada, 7/2., 1997, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR, Departamento de Geografia, 1997, p. 279.

MENEGUETTE, Arlete. Tutorial do Google Earth Pro Gratuito. São Paulo, 2017. 81 p. Disponível em: <https://www.academia.edu/10728005/Tutorial_de_Google_Earth_Pro_Gratuito>. Acesso em: 29 abr. 2017.

MENEGUZZO, Isonel S. **Análise da Degradação Ambiental na Área Urbana da Bacia do Arroio Gertrudes, Ponta Grossa, PR: Uma Contribuição ao Planejamento Ambiental**. 2006. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR. Disponível em: <http://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/8080/dissertacao_meneguzzo.pdf?sequence=1>. Acesso em: 15 abr. 2017.

MEYER, Monica Ângela de Azevedo. Educação Ambiental: Uma proposta pedagógica. **Em Aberto**. Brasília, v.10, 1991.

MONTOYA, Luciano. J.; BAGGIO, Amilton João; SOARES, Arnaldo de O. Aspectos de arborização de pastagens e viabilidade técnica-econômica da alternativa silvipastoril. Colombo: **Embrapa Florestas**. Documentos 49, 2000. 15p. Disponível em: <<http://saf.cnpqg.embrapa.br/publicacoes/arborizacao/index.html>>. Acesso em: 30 out. 2017.

NANNI, Arthur; DESCOVI FILHO Leonidas; VIRTUOSO Marco Aurélio; MONTENEGRO Daniel; WILLRICH Grasiela; MACHADO Paulo Henrique; SPERB Rodrigo; DANTAS Guilherme S.; CALAZANS Yuri. **Quantum GIS - Guia do Usuário, Versão 1.7.4 'Wroclaw'**. Maio de 2012. 291p., il. Disponível em: <https://qgis.org/downloads/manual/guia_do_usuario_174_pt_br.pdf>. Acesso em: 29 abr. 2017.

OLIVEIRA, Tádario K.; FURTADO, Sérvulo C.; ANDRADE, Carlos Maurício S. de; FRANKE, Idésio Luís. Sugestões para a implementação de sistemas silvipastoris. Rio Branco, AC: **EMBRAPA Acre**. Documentos 84. 2003. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/500817/1/doc84.pdf>>. Acesso em: 30 out. 2017.

PARANÁ, GOVERNO ESTADUAL. **Descrição das unidades litoestratigráficas – Folha de Cascavel**, 1:250000, 2005. Disponível em: <http://www.mineropar.pr.gov.br/arquivos/File/2_Geral/Geologia/PDF_Mapas_Geo_250000/Foz_do_iguacu.PDF>. Acesso em: 20 mar. 2017.

PLANO DIRETOR DO MUNICÍPIO DE SÃO MIGUEL DO IGUAÇU, 2016.

PRÁTICAS de conservação. Disponível em:

<http://www.mpgo.mp.br/portalweb/hp/9/docs/praticas_de_conservacao.pdf>.

Acesso em: 27 out. 2017.

RAPER, Jonathan. F.; MAGUIRE, David. J. Design Models and Functionality in GIS. *Computers and Geosciences*, London, v.18, n.4, p.387-400, 1992.

REFATTI, Alcione. **Educação Ambiental para Alunos da Escola Estadual do Campo Castelo Branco em São Miguel Do Iguaçu-Pr.** 2013. 31 folhas. Monografia (Especialização em Ensino de Ciências). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2013.

ROSS, Jurandyr Luciano S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, n.8, p. 63-74. 1994.

Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47327/51063>>. Acesso m: 03 mar. 2017.

ROSS, Jurandyr Luciano S; DEL PRETTE, Marcos Estevan. Recursos hídricos e as bacias hidrográficas: Âncoras do planejamento e gestão ambiental. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 12, p. 89-121, 1998. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/53736/57699>>. Acesso em: 15 abr. 2017.

RÖMKENS, M. J. M.; HELMING, K.; PRASAD, S. N. Soil erosion under different rainfall intensities, surface roughness, and soil water regimes. **Catena**, Cremlingen, v. 46, n. 2/3, p. 103-123, 2001. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0341816201001618>>. Acesso em: 13 abr. 2017.

SANTOS, Rozely F. dos. **Planejamento ambiental: teoria e prática.** São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SANTOS, Leonardo José C.; OKA-FIORI, Chisato; CANALI, Naldy Emerson; FIORI, Alberto P.; SILVEIRA, Claudinei T.; SILVA, Julio Manoel F.; ROSS, Jurandir Luciano S. Mapeamento Geomorfológico do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Paraná, ano 7, n. 2, p. 03-12, 2006. Disponível em: <http://www.ugb.org.br/artigos/SEPARATAS_RBG_Ano_7_n_2_2006/RBG_Ano_7_n_2_2006_03_12.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2017.

SANTOS, Rafael M. dos; NÓBREGA, Maria Teresa de; PAIV, Raniere G.; SILVEIRA, Hélio. Análise da fragilidade ambiental no município de Tamboara – PR: aplicação e estudo comparativo de duas metodologias. **Geoambiente**, 3, p. 93-120, 2010. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/geoambiente/article/view/26003/14972> >. Acesso em: 13 abr. 2017.

SANTOS, Angélica B. do; PETRONZIO, Juliana A. C. Mapeamento de uso e ocupação do solo do município de Uberlândia – MG utilizando técnicas de Geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15, 2011, Curitiba. **Anais eletrônicos XV Simpósio Brasileiro de sensoriamento remoto - SBSR**. Curitiba, 2011. Disponível em <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p0210.pdf>>. Acesso em: 05 mai. 2017.

SPÖRL, Christiane. **Análise da fragilidade ambiental relevo-solo com aplicação de três modelos alternativos nas altas bacias do Rio Jaguari-Mirim, Ribeirão do Quartel e Ribeirão da Prata**. 2001. 165 p. Dissertação de Mestrado FFLCH – USP, São Paulo. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-18012002-225147/pt-br.php>>. Acesso em: 13 abr. 2017.

_____; ROSS, Jurandyr Luciano S. Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos. **GEOUSP – Espaço e tempo**, n.15, p.39-49, 2004. Disponível em: <<http://www.geografia.ffe.usp.br/publicacoes/Geousp/Geousp15/Artigo3.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2017.

SEMA. **Floresta Estacional Semidecidual: Séries Ecossistemas Paranaenses**, v.5. Curitiba. 2010. Disponível em: <http://www.meioambiente.pr.gov.br/arquivos/File/cobf/V5_Floresta_Estacional_Semidecidual.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2017.

TAMANINI, Maria do Socorro A. **Diagnóstico Físico-Ambiental para determinação da fragilidade potencial e emergente da Bacia do Baixo Curso do Rio Passaúna em Araucária – PR**. 2008. 105 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba (PR).

TEIXEIRA, Silvana. Sistema silvipastoril - saiba o que é e quais são suas vantagens. **Centro de Produções Técnicas**, 2017. Disponível em: <<https://www.cpt.com.br/cursos-bovinos-gadodeleite/artigos/sistema-silvipastoril-saiba-o-que-e-e-quais-sao-suas-vantagens>>. Acesso em: 30 out. 2017.

TOYNBEE, Arnold. **A sociedade do futuro**. 2. ed. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1974.

TRICART, Jean. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro, IBGE/SUPREN, 91 p., 1977. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20%20RJ/ecodinamica.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2017.