

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CAMPUS MEDIANEIRA

THAYNNAN ALINE BEGOZZI DA SILVA

**ANÁLISE DA FRAGILIDADE AMBIENTAL COMO SUBSIDIO A EXPANSÃO  
URBANA DO MUNICÍPIO DE TOLEDO-PR**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS  
PPGTAMB

MEDIANEIRA  
2021

THAYNNAN ALINE BEGOZZI DA SILVA

**ANÁLISE DA FRAGILIDADE AMBIENTAL COMO SUBSIDIO A EXPANSÃO  
URBANA DO MUNICÍPIO DE TOLEDO-PR**

**Analysis of Environmental Fragility as A Subsidy For Urban Expansion in the  
Municipality of Toledo-PR**

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Tecnologias Ambientais do Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais – PPGTAMB - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador(a): Michelle Budke Costa  
Co-orientador(a): Carla Daniela Câmara

MEDIANEIRA

2021



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite que outros remixem, adaptem e criem a partir do trabalho para fins não comerciais, desde que atribuam o devido crédito e que licenciem as novas criações sob termos idênticos.

Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



**Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Campus Medianeira**



THAYNNAN ALINE BEGOZZI DA SILVA

**ANÁLISE DA FRAGILIDADE AMBIENTAL COMO SUBSÍDIO A EXPANSÃO URBANA DO MUNICÍPIO DE TOLEDO-PR**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Tecnologias Ambientais da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Tecnologias Ambientais.

Data de aprovação: 23 de Agosto de 2021

Prof.a Michelle Budke Costa, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.a Giovana Clarice Poggere, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Lucir Reinaldo Alves, Doutorado - Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste)

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 23/08/2021.

Dedico todo esforço que tive, para finalizar esse trabalho, a minha querida mãe Luiza (*in memoriam*) que não pôde vivenciar esse momento, mas que batalhou ao meu lado até a sua partida. Estará para sempre em meu coração.

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar a Deus, por ter permitido que eu tivesse saúde e determinação para não desanimar durante a realização deste trabalho. A meu pai e minha sogra, que me incentivaram. Ao meu namorado Mateus, por toda ajuda e compreensão durante esses anos, e por ter aguentado minhas crises de estresse e ansiedade. Aos amigos, que sempre estiveram ao meu lado, em especial minha amiga Renata, pelo apoio demonstrado ao longo de todo o período de tempo em que me dediquei a este trabalho. As minhas orientadoras Michelle e Carla, pelas correções e ensinamentos que me permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação profissional ao longo do curso. Agradeço também a bolsa recebida pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## RESUMO

A degradação dos recursos naturais é uma realidade constante nas cidades do Brasil e vem desencadeando problemas ambientais e sociais preocupantes. O estudo da fragilidade ambiental, intensificado pelas ações antrópicas, em espaços urbanos, necessita ser objeto de pesquisas com propósito à expansão urbana. Deste modo, o objetivo principal desta pesquisa foi elaborar o diagnóstico da fragilidade ambiental da cidade de Toledo, Paraná, para servir como subsídio ao planejamento urbano-ambiental. Considerando a importância da análise geotécnica para implantação de técnicas de conservação, foram elaboradas as cartas de Uso e Ocupação, Declividade e de Solos. Sobrepondo essas cartas, gerou-se o mapa de Fragilidade Ambiental, demonstrando diferentes graus de fragilidade do ambiente variando de muito baixa a muito alta, representadas por escala numérica de 1 a 5, conforme suas características genéticas e antrópicas. A utilização do mapa de fragilidade para criação de um mapa de proposta à expansão urbana, foi de grande relevância. As classes de fragilidade muito baixa e baixa ocuparam 27,42% da área total de Toledo, ficando com a maior porcentagem a classe média, com 67%, e 6,63% a classe alta. Estes mapeamentos se mostraram de grande importância para a ocupação adequada do território, por incluírem diferentes componentes do meio ambiente, possibilitando melhor compreensão dos limites e potencialidades da área a ser ocupada. Portanto, este mapeamento poderá subsidiar o planejamento urbano e ambiental da cidade de Toledo.

**Palavras-chave:** urbanismo; geoprocessamento; mapa de fragilidade.

## **ABSTRACT**

The degradation of natural resources is a constant reality in the cities of Brazil and has been triggering worrying environmental and social problems. The study of environmental fragility, intensified by anthropic actions in urban spaces, needs to be the object of research aimed at urban expansion. Thus, the main objective of this research was to elaborate a diagnosis of the environmental fragility of the city of Toledo, Paraná, to serve as a subsidy for urban-environmental planning. Considering the importance of geotechnical analysis for the implementation of conservation techniques, the Use and Occupation, Slope and Soil maps were prepared. Overlapping these charts, the Environmental Fragility map was generated, showing different degrees of environmental fragility ranging from very low to very high, represented by a numerical scale from 1 to 5, according to their genetic and anthropic characteristics. The use of the fragility map to create a proposal map for urban expansion was of great relevance. The very low and low fragility classes occupied 27.42% of the total area of Toledo, with the highest percentage being the middle class, with 67%, and the upper class with 6.63%. These mappings proved to be of great importance for the proper occupation of the territory, as they include different components of the environment, enabling a better understanding of the limits and potential of the area to be occupied. Therefore, this mapping can support the urban and environmental planning of the city of Toledo.

**Key words:** urbanism; geoprocessing; fragility map.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Crescimento populacional de Toledo (1970 a 2010).....	24
Figura 2 - Zoneamento de Toledo - PR – 2019.....	26
Figura 3 - Distribuição da população por bairros de Toledo – 2000/2010 .....	26
Figura 4 - Localização do Município de Toledo .....	29
Figura 5 - Mapa hidrográfico de Toledo .....	30
Figura 6 - Mapa Hipsométrico de Toledo .....	32
Figura 7 - Fluxograma de análise dos critérios.....	34
Figura 8 - Fluxograma de processamento proposto por Ross (1994).....	41
Figura 9 - Mapa Uso e Ocupação do Solo de 2010 .....	44
Figura 10 - Mapa Uso e Ocupação do Solo de 2000 .....	46
Figura 11 - Mapa de Declividade de Toledo.....	49
Figura 12 - Mapa de Declividade da área Urbana de Toledo (divisão por bairros) ...	50
Figura 13 - Mapa de classificação dos Solos de Toledo .....	52
Figura 14 - Mapa de Fragilidade Ambiental .....	55
Figura 15 - Localização da área de fragilidade ambiental .....	58
Figura 16 - Vista superior da localização 1: área com alta fragilidade ambiental.....	59
Figura 17 - Área classificada como de alta fragilidade ambiental.....	59
Figura 18 - Vista superior da localização 2: área com alta fragilidade ambiental.....	60
Figura 19 - Área classificada como de alta fragilidade ambiental.....	60
Figura 20 - Localização da área de fragilidade ambiental .....	61
Figura 21 - Vista superior da localização 3: área com alta fragilidade ambiental.....	62
Figura 22 - Área classificada como de alta fragilidade ambiental.....	62
Figura 23 - Vista superior da localização 4: área com alta fragilidade ambiental.....	63
Figura 24 - Área classificada como de alta fragilidade ambiental.....	63
Figura 25 - Vista superior da localização 5: área com alta fragilidade ambiental.....	64
Figura 26 - Área classificada como de alta fragilidade ambiental.....	64
Figura 27 - Proposta para expansão urbana de Toledo .....	67



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Área dos Rios dentro e fora de Toledo.....	31
Tabela 2 - Fragilidade das classes de declividade .....	38
Tabela 3 - Classes de fragilidade .....	40
Tabela 4 - Classes de Uso e Ocupação do solo de 2000 - 2010 de Toledo .....	47
Tabela 5 - Classificação declividade de Toledo .....	51
Tabela 6 - Classes de solo Toledo .....	53
Tabela 7 - Áreas ocupadas pelas classes de fragilidade distribuídas na área total de Toledo .....	56

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classes utilizadas na classificação do uso e cobertura do solo, com suas definições .....	35
Quadro 2 - Graus de proteção do solo em função dos Tipos de Cobertura Vegetal .	36
Quadro 3 - Graus de Fragilidade conforme a Urbanização.....	37
Quadro 4 - Classes de Fragilidade dos Solos .....	39

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>16</b>
2.1 FRAGILIDADE AMBIENTAL .....	16
2.2 GEOPROCESSAMENTO.....	17
2.3 OS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICAS APLICADOS AOS ESTUDOS AMBIENTAIS .....	19
2.4 EXPANSÃO URBANA SUSTENTÁVEL .....	20
2.5 ANÁLISE SOCIOECONÔMICA AMBIENTAL.....	21
2.6 FATORES QUE IMPULSIONARAM O CRESCIMENTO E EXPANSÃO URBANA DE TOLEDO.....	23
<b>3 OBJETIVOS .....</b>	<b>27</b>
3.1 OBJETIVO GERAL.....	27
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	28
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>29</b>
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	29
4.2 ELABORAÇÕES DAS CARTAS TEMÁTICAS E DE DELIMITAÇÃO GEOAMBIENTAL DA ÁREA DE ESTUDO (COLETA DE DADOS).....	33
4.2.1 Delimitação da área de estudo .....	34
4.2.2 Carta de uso e ocupação do solo .....	34
4.2.3 Carta de declividade.....	37
4.2.4 Carta de classificação dos solos .....	39
4.2.5 Padronização dos fatores .....	39
4.2.6 Obtenção do mapa de fragilidade ambiental.....	41
4.2.7 Mapa de nova expansão urbana.....	42
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>43</b>
5.1 MAPA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO .....	43
5.2 MAPA DE DECLIVIDADE .....	48
5.3 PEDOLOGIA (SOLOS).....	51
5.4 FRAGILIDADE AMBIENTAL .....	54
5.5 PROPOSTA DE NOVA EXPANSÃO URBANA.....	65

<b>6 CONCLUSÕES .....</b>	<b>70</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>72</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O desperdício dos recursos naturais e a perda da qualidade ambiental e de vida são problemas ambientais consequentes das práticas econômicas. Sendo assim, se faz necessária a existência de um planejamento territorial (CRUZ; PINESE; RODRIGUES, 2010).

A sociedade sempre dependeu dos recursos da natureza para se desenvolver. A expansão tecnológica, somada aos hábitos de vida e consumo extensamente difundidos, resultou em uma demanda acelerada dos recursos naturais. A utilização desses recursos, de forma desordenada, gera graves problemas ambientais.

Os processos dinâmicos e históricos de uso e ocupação do solo urbano têm fortes consequências ambientais e sociais, implicando, diretamente, no desenvolvimento de situações de risco e vulnerabilidade social e ambiental. Vários estudos (VASCONCELOS, 2006; SILVA; TAVARES, 2008; NASCIMENTO, 2019) sobressaltam e indicam impactos preocupantes presenciados, resultante do processo de expansão populacional em centros urbanos, a exemplo da expansão do processo de favelização, grande aumento do lixo, diminuição de áreas verdes, alteração dos sistemas de drenagem natural, assoreamento de corpos d'água e enchentes.

Mais de 80% da população brasileira vive e trabalha no meio urbano, pois é atraída pelas possibilidades educativas, culturais e de emprego (EMBRAPA, 2017). Este processo acaba por gerar problemas, especialmente quando a população cresce a ponto dos recursos econômicos e naturais se tornarem insuficientes para as necessidades básicas da população, como saneamento básico, moradia, abastecimento de água, qualidade do ar e manejo de resíduos.

As cidades que mais crescem no Brasil são aquelas de médio porte, que possuem uma população entre 100 e 500 mil habitantes. No ano de 2014, o Paraná possuía 11.081.692 habitantes, entre as cidades com maior índice populacional, Toledo alcançou a décima colocação. Já em 2016, foi identificada como a 6ª cidade do Paraná em crescimento populacional, com mais de 100.000 habitantes, com uma previsão de crescimento de 19,8% até 2030 (IPARDES, 2016).

O crescimento de Toledo foi impulsionado pela melhoria na qualidade de vida, decorrente da geração de empregos formais e crescimento de serviços de saúde e

de educação. Essas mudanças levaram Toledo a tornar-se um polo universitário. Segundo Toledo (2016), a expansão urbana gera o desafio de dotar a cidade de infraestrutura, serviços públicos e privados para o atendimento das necessidades básicas e gradativas, melhoria da qualidade de vida da população, obtido por meio do desenvolvimento harmônico e sustentável.

Ao comparar o Produto Interno Bruto – PIB do município de Toledo com o do Estado do Paraná e do Brasil identifica-se que o PIB per capita do município, para o ano de 2000, foi de R\$ 8.762, enquanto que o do Estado do Paraná foi de R\$ 6.644, e do Brasil de R\$ 6.386. Esses resultados constata o grau de crescimento econômico de Toledo relacionado ao Estado do Paraná e ao país.

Por outro lado, o crescimento de Toledo está ligado às forças produtivas e se configura como parte de uma complexa rede de trocas, não só local, mas regional, nacional e global. Em outras palavras, o crescimento do município é resultante, também, de processos produtivos de escala internacional, por conta da natureza de algumas atividades econômicas e que estão diretamente relacionadas ao mercado exterior, como a produção agropecuária, que dá forte conotação aos resultados econômicos da cidade e região (SOLERA, 2013). As oportunidades geradas pelo crescimento populacional influenciam no crescimento dos atuais bairros de Toledo e, conseqüentemente, na expansão territorial urbana da cidade e no uso e ocupação do solo.

O papel do planejamento é de grande relevância para o surgimento de novas formas de desenvolvimento que sejam menos agressivas ao ambiente. Os municípios devem buscar projetos e melhorias nas áreas urbanas, através de Unidades de Conservação, fiscalização e monitoramento ambiental, práticas educativas junto da população; como a educação ambiental contínua, efetividade nos planos de uso e regulação do solo urbano, dentre outros, tornando-se indispensáveis a busca e uso de direções apropriadas dentro do contexto socioambiental, especialmente nos centros urbanos, correspondendo com medidas concretas para auxiliar no uso dos recursos naturais.

O estudo da fragilidade ambiental, intensificado às ações antrópicas nos ambientes urbanos, precisa ser objeto de pesquisas em relação à expansão urbana. O mapa de fragilidade ambiental é uma importante ferramenta que beneficia órgãos públicos e estudos de planejamento territorial, em escala regional ou local.

Nesse sentido, esta pesquisa objetiva discorrer acerca do crescimento do espaço urbano, como componente fundamental para o processo de urbanização, para o entendimento da dinâmica demográfica, realizando um diagnóstico de fragilidade ambiental potencial do município de Toledo, Paraná.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 FRAGILIDADE AMBIENTAL

O estudo da fragilidade ambiental é anteposto por uma classificação dos elementos que fazem parte do espaço a ser estudado, ponderando os aspectos naturais e antrópicos. Assim, a análise da vulnerabilidade ambiental é sujeita à análise de seus componentes, como solo, relevo, vegetação, grau de uso antrópico (CRUZ; PINESE; RODRIGUES, 2010).

A fragilidade potencial é determinada pela fragilidade natural a que uma determinada área está submetida, ou seja, em função de suas características físicas, como tipo de solo, declividade, bacias hidrográficas, relevo e hipsometria (SCHIAVO et al., 2016). Já a fragilidade ambiental está interligada à suscetibilidade da natureza em sofrer algum tipo de interferência, ou seja, considerando a intervenção humana, os sistemas ambientais mostram uma maior ou menor fragilidade ambiental relacionadas às suas características físicas, tendo alguma alteração em seus componentes e comprometendo a funcionalidade de seu sistema (SPORL, 2007).

Os padrões de fragilidade são retratados através das Unidades Ecodinâmicas Estáveis e das Unidades Ecodinâmicas Instáveis. O mapa de Fragilidade Potencial, portanto, é gerado a partir do cruzamento das informações de solos, declividade e distância dos recursos hídricos e o mapa de Fragilidade Emergente a partir do cruzamento do mapa de Fragilidade Potencial com as informações de uso da terra e vegetação (ROSS, 1994).

Tricart (1977) define as unidades ambientais baseado na teoria dos sistemas, conceituando o ambiente em equilíbrio dinâmico como sendo estável e o ambiente em desequilíbrio como instável, devido à alteração antrópica, provocando desequilíbrios permanentes e temporários, sendo assim definidos:

- a) Unidades Ecodinâmicas Instáveis ou de Instabilidade Emergente ou Unidades de Fragilidade Emergente: evidenciam-se quando as intervenções antrópicas modificam drasticamente os ambientes naturais, devido ao desmatamento ou mecanismos de atividades econômicas diversas, podendo classificar-se desde muito fraca até muito forte.



- b) Unidades Ecodinâmicas Estáveis ou Unidades de Fragilidade Potencial: Áreas que não foram danificadas pela ação antrópica, estando em estado natural, podendo ter graus de classificação variando de muito fraca até muito forte.

Segundo as análises propostas por Ross (1994), a natureza aponta funcionalidade essencial entre seus componentes bióticos e físicos. Para sua construção, primeiramente, são necessários estudos básicos de solo, relevo, clima, uso e ocupação do solo e cobertura vegetal. Em seguida, essas informações são analisadas, em conjunto, constituindo um produto síntese, que apresenta os diferentes graus de fragilidade que um ambiente possui.

Ross (1995) aponta que a análise da fragilidade ambiental é resultado da análise integrada de características do relevo, tipos de solo, cobertura vegetal, uso da terra e pluviometria. A carta de fragilidade ambiental contribui para determinar as futuras intervenções antrópicas, podendo corrigir as atuais, sendo um instrumento importante no que concerne ao planejamento territorial (ROSS, 1994).

A elaboração de mapa de fragilidade ambiental é um instrumento eminente utilizado pelos órgãos públicos no que diz respeito ao planejamento ambiental, visto que o mapa possibilita a avaliação integrada das potencialidades do meio ambiente, conciliando suas características físicas e naturais com suas restrições (KAWAKUBO et al., 2005).

## 2.2 GEOPROCESSAMENTO

O termo geoprocessamento diz respeito a uma área do conhecimento que aplica técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica e que vem influenciando, de modo crescente, os ramos de cartografia, análise de recursos naturais, transportes, comunicações, energia e planejamento urbano e regional (CÂMARA; DAVIS; MONTEIRO, 2001).

As ferramentas computacionais para geoprocessamento são chamadas de 'Sistemas de Informação Geográfica' (SIG). Elas permitem realizar análises complexas, por meio da integração de dados de diversas fontes e da elaboração de bancos de dados georreferenciados. Os SIGs tornam possível, ainda, a automatização da produção de documentos cartográficos (CÂMARA; DAVIS; MONTEIRO, 2001). Rocha (2000), define o SIG como:

Um sistema com capacidade para aquisição, armazenamento, tratamento, integração, processamento, recuperação, transformação, modelagem, atualização, análise e exibição de informações digitais georreferenciadas, topologicamente estruturadas, associadas ou não a um banco de dados alfanuméricos (ROCHA, 2000, p. 210).

O SIG é capaz de auxiliar na criação de mapas, no desenvolvimento de bancos de dados geográficos com função de armazenar e recuperar as informações, e subsidiar as análises espaciais. Segundo Pereira (2014) estes sistemas de informação estão cada vez mais modernos e aperfeiçoados, permitindo a formulação de diagnósticos, avaliação de alternativas de ação e manejo ambiental.

Os SIGs são definidos como tecnologias para investigação dos fenômenos ambientais, que combinam os avanços tecnológicos da cartografia, banco de dados automatizados, sensoriamento remoto e modelagem. São conjuntos de programas computacionais utilizados para armazenar, analisar, manipular e gerenciar dados geográficos, com ênfase em análises espaciais e modelagens de superfícies (MEDEIROS; CÂMARA, 1996).

A tecnologia do geoprocessamento é uma ferramenta eficiente em relação à exatidão, velocidade e fidelidade em gerar dados relacionados à avaliação ambiental. Tais características permitem a modelagem da realidade ambiental e tornam viável a manipulação de grande volume de dados, o seu tratamento e a disponibilização rápida de um meio de informações (SILVA; ZAIDAN, 2004). Essas informações facilitam o acompanhamento do avanço de populações e dos espaços por elas ocupados, possibilitando o planejamento urbano e, também, o gerenciamento de resíduos. Por conta dessas razões, o uso de ferramentas do geoprocessamento deve ser incentivado e explorado.

O sensoriamento remoto oferece um conjunto de conhecimentos e técnicas úteis para caracterizar fenômenos dinâmicos, que acontecem em diversas áreas (agrícolas, urbanas, florestas, bacias hidrográficas). Através das imagens de satélite, ele permite que se obtenha, por exemplo, um mapa temático com precisão e atualizado, das diferentes estruturas espaciais resultantes do processo de ocupação e uso do solo (PORTILLO et al., 2003).

## 2.3 OS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICAS APLICADOS AOS ESTUDOS AMBIENTAIS

Através do geoprocessamento, é possível a obtenção de dados espaciais e associá-los com o modelo de dados geográficos, em que o dado espacial demonstra representações do mundo real em uma determinada escala, as quais possuem localização, forma e cores. Existem diversos *softwares* que podem ser utilizados em estudos ambientais, dentre eles, pode-se referir os que foram aplicados neste trabalho: *QGIS* e *Google Earth Pro*.

O *Google Earth* (GE) é um software gratuito, desenvolvido pela empresa *Keyhole*, adquirida pela *Google*, em 2004. Ele relaciona imagens de satélite com as características do terreno, podendo exibir um modelo tridimensional do globo terrestre. A versão *Pro*, do *Google Earth*, foi liberada gratuitamente em 2015, tendo funcionalidades extras em relação à versão básica. O *Google Earth Pro* conta com imagens *Premium*, de alta resolução, além de possuir vários recursos, como a importação/exportação de dados, criação de mapas, regionalização de um grande conjunto de dados, ferramentas de enquadramento visual etc. (INSTITUTO GEOEDUC, 2017).

Segundo Santos e Petronzio (2011), os mapas de uso da terra são indispensáveis 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. Permitem, também, identificar áreas de risco ou áreas intensamente degradadas em uma determinada região, assim como distinguir variações ocorridas devido às ações antrópicas ou evolução da própria paisagem.

No caso dos estudos de fragilidade/vulnerabilidade ambiental, os SIGs constituem uma ferramenta para a realização de projetos que necessitam de processamentos rápidos e eficientes, de grandes bases de dados, para fins de planos de ordenamento territorial. Nestes estudos, é necessária a manipulação de uma grande quantidade de dados vetoriais do meio físico-natural e biótico para gerar, entre outros produtos, as cartas de vulnerabilidade natural à erosão (ARONOFF, 1992). Utilizando o SIG e imagens de satélite para atualizar mapas temáticos, é possível se obter uma manipulação ágil e real dos requisitos necessários para satisfazer as condições de geração cartográfica, em que cada um

dos parâmetros envolvidos é fundamental e possui valor significativo na avaliação final da fragilidade ambiental (SPORL, 2007).

## 2.4 EXPANSÃO URBANA SUSTENTÁVEL

A movimentação da população entre regiões surge como uma necessidade de sobrevivência e, por conta disso, o progresso econômico atrai as populações. O espalhamento da população na direção central da cidade ou em direção às regiões periféricas disponibilizará oportunidades rentáveis de exploração dos recursos naturais, trabalho, capital etc. Estes movimentos geram novas expectativas de acumulação de capital e de reestruturações espaciais e, em alguns casos, o acúmulo excessivo de habitantes incentiva o avanço das técnicas agrícolas, com a melhoria da produtividade e expansão do comércio (PIACENTI et al., 2016). A cidade, em sua essência, é palco de diferentes e intensas conexões e atividades, lugar no qual as pessoas moram, trabalham, compram, se divertem, onde os modos de produção se produzem e reproduzem (SMITH, 2002).

A aceleração da expansão urbana e, conseqüentemente, o crescimento das cidades, é um fenômeno que faz parte do mundo moderno. Por outro lado, o avanço tecnológico e a distribuição desigual da riqueza provocam, cada vez mais, divisões sociais e econômicas entre a população urbana. Outro aspecto importante a considerar é que o avanço da urbanização no mundo, de modo geral, tem ignorado a capacidade de suporte do meio ambiente, o que demanda mudanças nos padrões culturais, de consumo e governabilidade. É nas cidades que as relações econômicas, sociais e culturais são intensas, desiguais e contraditórias (MICHELOTTO, 2014). Para Camagni (2005), a cidade emerge como um fenômeno econômico complexo, dotado de leis próprias de estrutura e funcionamento, com um papel insubstituível tanto de "lugar" de atividades social/espacial do trabalho, quanto de um organismo de incubação e irradiação dos processos de inovação.

Devido à rápida e crescente urbanização das últimas décadas no Brasil, o que implicava nas demandas de governabilidade, foi criado em 2003, Ministério das Cidades. O Ministério das Cidades fomenta o compromisso dos agentes sociais e dos governos em solucionar os desafios urbanos, realizar diagnósticos e definir programas habitacionais, não somente no setor de habitação, mas abrangendo os

interesses sociais pela reforma urbana, incluindo o transporte, saneamento básico e mobilidade (MICHELOTTO, 2014).

O tema ambiental passou a se vincular com as características da urbanização a partir de 1980, com propostas de intervenções urbanísticas relacionadas à revitalização de áreas degradadas, denominado de empresariamento da administração urbana (GAGLIARDI, 2012). Entretanto, os elementos naturais não interferem na junção da cidade e meio ambiente, mas, sim, no aproveitamento da natureza em conjunto ao projeto urbano (HARVEY, 1996).

O conceito de qualidade de vida urbana, segundo Nahas (2002), se reporta aos componentes de caráter imaterial, conferindo ao conceito o enfoque de cada cidadão, com vistas a aspirações por felicidade, bem-estar e satisfação pessoal. De acordo com a mesma autora, o conceito envolve a busca da necessidade por melhores condições de saúde e bem-estar, diante dos impactos e desigualdades sociais gerados pelo crescente processo de urbanização.

Assim, as reflexões sobre a qualidade ambiental e qualidade de vida, colocam o ambiente urbano na centralidade do debate, como uma categoria de análise, incluindo o ambiente físico, social, político, cultural e econômico, no qual a sociedade, majoritariamente, realiza a reprodução da vida. Sposito (2003), neste aspecto, considera que:

Na relação entre o urbano e o meio ambiente caberia como linha de raciocínio entender que se o ambiental é a síntese, ainda que contraditória, entre o natural e o social, o embate seria, antes, entre o social e o político, sendo a questão ambiental, nas cidades, uma das expressões mais completas desse conflito (SPOSITO, 2003, p. 295).

## 2.5 ANÁLISE SOCIOECONÔMICA AMBIENTAL

Não se pode isolar o estudo da natureza somente em seus componentes físicos. Segundo Santos (2011), é preciso relacionar o meio ambiente de modo integrado, buscando compreender como seus componentes se relacionam, ou seja, integrar, como um todo as questões geológicas e sociais e, como as atividades socioeconômicas interferem na natureza, afetando os sistemas ambientais.

Ross (1994) explica que as sociedades humanas não têm que ser relacionadas como elementos fora da natureza, ao contrário, devem ser vistos como

uma parte fundamental do ecossistema, representando matéria e energia, que formam o sistema e o fazem funcionar.

A questão ambiental adquiriu grande importância, por isso, deve ser vista com mais desvelo. Além disso, há uma relação intrínseca entre os problemas sociais urbanos e os problemas ambientais, de modo que um não pode ser plenamente compreendido sem levar em consideração o outro.

Após a urbanização, na década de 1960, surge uma gama de problemas derivados da relação sociedade-natureza. A urbanização desordenada trouxe, como consequência, a degradação ambiental e social nas cidades (MONTEIRO, 2003). Contudo, a questão socioambiental urbana, no Brasil, é associada aos impactos derivados do processo de urbanização, que Santos (1993) determina como urbanização corporativa. A representação deste processo resulta em um cenário de preocupações econômicas, políticas e sociais, repercutindo, diretamente, no comprometimento da qualidade socioambiental urbana.

O processo de expansão da urbanização toma por base o modelo de produção capitalista, caracterizando a produção de todo o espaço social. Sendo assim, após o surgimento do espaço urbano, ele se estende para além dos limites da cidade, em direção ao campo, transformando-o em áreas periféricas e resultando na degradação ambiental. Portanto, para não ocorrer tal degradação, as cidades necessitam de planejamento urbano, que não deve coadunar com os interesses privados de acumulação, mas questionar o modelo de urbanização vigente, propondo a concretização das justiças social e ambiental.

A problemática ambiental é inseparável da problemática social, concebendo-se o meio ambiente como um sistema integral que engloba elementos físico-bióticos e sociais. Assim sendo, a apreensão de uma dada questão ambiental dar-se-á apenas quando recuperadas as dinâmicas dos processos sociais e ecológicos, atribuindo igual ênfase à história da sociedade e da natureza (AJARA, 1993, p. 9).

Dentre os problemas ambientais, uma alternativa é o desenvolvimento sustentável, determinado pelo uso racional dos recursos da natureza, ou seja, suprir as necessidades das gerações presentes, dando oportunidade de satisfazer as necessidades das gerações futuras.

O termo desenvolvimento sustentável foi utilizado pela primeira vez, na década de 1980, no Relatório *Brundtland*, resultante da pesquisa da Comissão Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento, a qual buscava estudar os

problemas ambientais em uma concepção global. O documento sugeriu mudanças de perspectiva a compatibilização do crescimento econômico e conservação da natureza (CMMAD, 1991).

O desenvolvimento sustentável presume mudanças duráveis na sociedade e na economia, para que haja soluções aos desafios atuais, buscando compatibilizar as variáveis de ordem econômica, social e ambiental, permitindo apontar uma direção a ser seguida pelos países desenvolvidos e em desenvolvimento.

## 2.6 FATORES QUE IMPULSIONARAM O CRESCIMENTO E EXPANSÃO URBANA DE TOLEDO

Toledo surgiu quando a Industrial Madeireira e Colonizadora Rio Paraná S/A (Maripá) obteve, junto a uma companhia imobiliária inglesa, a gleba de terras Fazenda Britânia, em 1949, iniciando a ocupação e desbravamento da área (TOLEDO, 2016). Por meio da colonizadora Maripá, Toledo começou a conhecer o processo de industrialização, primeiro com a exploração de madeira e, mais tarde, as ervateiras e a indústria de palmito, apoderando-se da matéria prima nativa existente. Esta colonizadora foi importante no processo de desenvolvimento do território, hoje, município de Toledo.

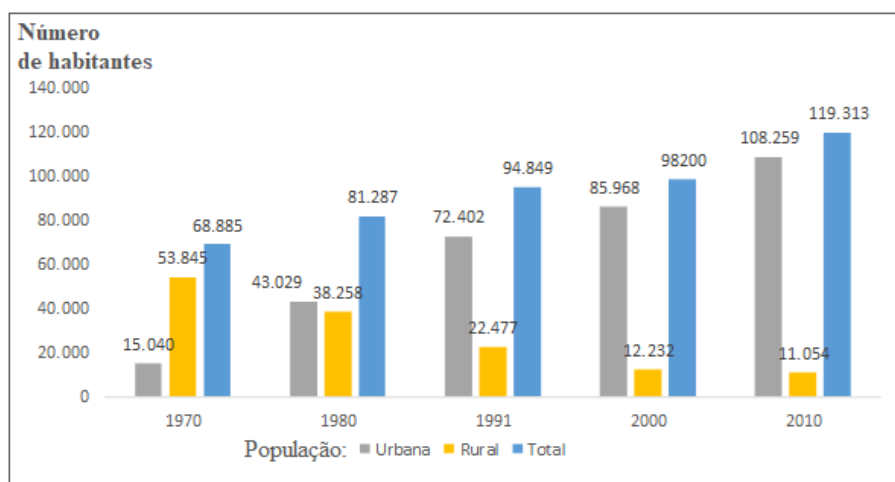
Com o apoio do Padre Patuí, estruturou-se a cidade, dando-lhe a forma e um núcleo central, por meio de construção de estradas. Assim, em 1951, foi criado o município de Toledo, com o interesse de desenvolver a produção pecuária e agrícola com o assentamento de frentes agrícolas (TOLEDO, 2016).

Devido ao aumento da necessidade de produtos, incentivou-se a criação de novos negócios e novos moradores foram atraídos para a cidade, estimulando o processo de crescimento da urbanização. Na década de 1970, o avanço da tecnologia na agricultura fez com que os pequenos agricultores comesçassem a sair da área rural e imigrassem para a área urbana, buscando trabalho e melhores condições de vida (CAMPOS, 2007).

A intensificação da urbanização de Toledo pode ser associada ao deslocamento da população rural para área urbana, com intenção de buscar trabalho e renda, principalmente depois da instalação do frigorífico Sadia S. A., em 1964. Na década de 1980, impulsionadas pela Associação Comercial e Industrial de Toledo (ACIT) e pela Prefeitura, surgiram indústrias comunitárias em Toledo, as

quais tiveram relevância para o desenvolvimento socioeconômico da cidade, sobretudo pela geração de trabalho e renda para a população e pelo incremento ao comércio e setor financeiro (GONZATTO, 1985). A evolução da população de Toledo, de 1970 a 2010, pode ser melhor ilustrada pela Figura 1.

Figura 1 - Crescimento populacional de Toledo (1970 a 2010).



Fonte: Adaptado de IBGE (2010).

A urbanização de Toledo está intimamente ligada ao êxodo rural. Conforme a Figura 1, em 1980, a população urbana torna-se superior à rural, havendo um crescimento populacional. Esta tendência aumentou nos anos subsequentes, vindo a população rural a diminuir e população urbana a crescer significativamente. Em 1991, a população total atingiu a marca de 94.849 habitantes, sendo 72.402 urbanos e 22.477 rurais. No censo populacional de 2000, a população total era de 98.200. A população urbana aumentou para 85.968 e a rural caiu para 12.232 e, por fim, em 2010, a população chegou a 119.313, com 108.259 habitantes urbanos e 11.054 rurais.

O crescimento populacional e o desenvolvimento econômico do município de Toledo ocorreram devido à instalação de indústrias, resultando em grande desenvolvimento na cidade, tornando-a atrativa para a instalação de novos comércios e, posteriormente, universidades. Em outras palavras, o grande promotor do desenvolvimento do município de Toledo sua diversificação produtiva. Um dos grandes exemplos de geradores de emprego são as indústrias Brasil Foods (BRF), Prati Donaduzzi e Fiasul (STAMM; STADUTO, 2008) e o parque tecnológico Biopark, inaurado em 2019.

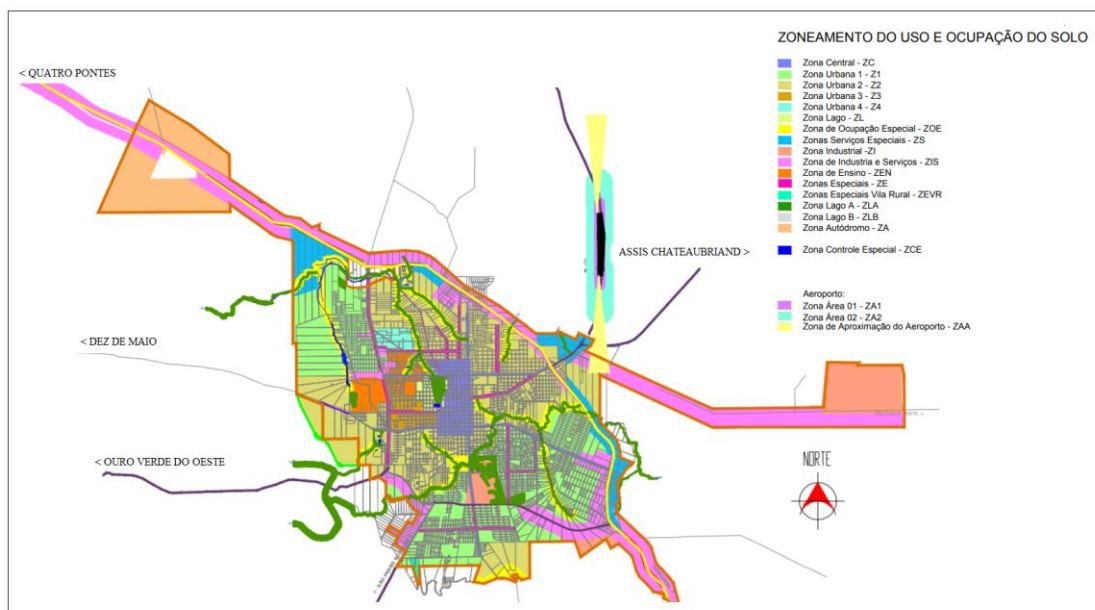


De acordo com Toledo (2019), o crescimento e a expansão do município devem-se por algumas razões, tais como o aumento e abertura de novas empresas. Com a economia aquecida, houve conseqüentemente maior oferta de emprego que, conjugadas com a qualidade de vida que o município oferece, tornam-se fatores atrativos tanto para a expansão populacional quanto para novos investimentos, principalmente no setor de serviço, com expressivo crescimento nos últimos anos.

Por fim, outro fator é a expansão do polo universitário, visto que, Toledo dispõe de universidades e centros públicos e privados, a exemplo, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Universidade Oeste de Paraná (UNIOESTE), Universidade Paranaense (UNIPAR), Centro Universitário Assis Gurgacz (FAG), Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC-PR), Universidade Norte do Paraná (UNOPAR), entre outras. Esses fatores transformaram a cidade de Toledo em um polo regional, tanto na área de geração de empregos quanto na área educacional, assim, a cidade continua crescendo exponencialmente e, conseqüentemente, atraindo a instalação de novas indústrias.

O crescimento de Toledo ocorreu em diversos sentidos e a morfologia é caracterizada por uma área central, concentrada na praça Willy Barth, cercada pelas vias mais importantes que cruzam a cidade no sentido norte-sul. No sentido oeste, a cidade possui um vetor secundário de ocupação urbana e, para o leste, encontram-se áreas cortadas pelo rio Toledo, o complexo da Sadia e bairros de trabalhadores até o limite da Rodoviária (BEZERRA, 2013). O centro urbano de Toledo é a mais importante área comercial e de serviços do município, com irradiação de sua centralidade rumo ao norte (Figura 2).

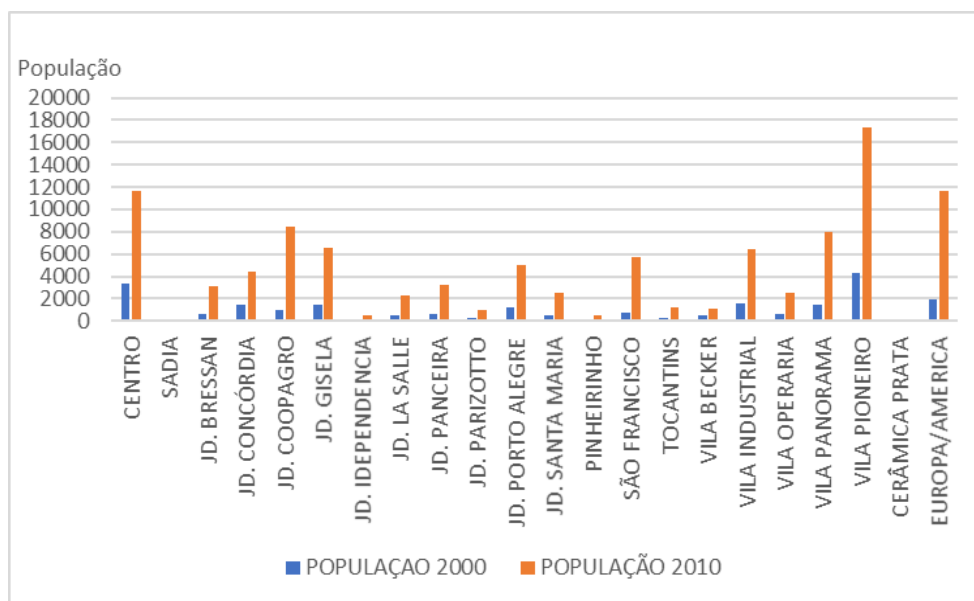
Figura 2 - Zoneamento de Toledo - PR – 2019.



Fonte: Plano Diretor Municipal Toledo/PR: Zoneamento do uso e da ocupação do solo urbano no Município de Toledo (2019).

Para melhor visualização do aumento da população, a Figura 3, apresenta o crescimento populacional em distribuição por bairros, entre os anos de 2000 a 2010, segundo dados do IBGE, incluindo áreas no centro, que surgiram em 2010.

Figura 3 - Distribuição da população por bairros de Toledo – 2000/2010



Fonte: Adaptado de IBGE (2010).

O crescimento da cidade, na direção norte, ocorreu no começo do ano de 1980, com o prolongamento do sistema viário e obras de saneamento das nascentes dos córregos Marreco e Panambi, onde foi criado o Lago e Parque Diva Pain Barth. Ao Sul, tem-se o rio Toledo e a presença do grande parque industrial da Sadia, cercado de bairros operários. O setor residencial operário também se estende pela direção leste, até próximo da rodovia. Já na direção oeste, as habitações são de classe média, ainda com presença marcante na área universitária (BEZERRA, 2013).

Conforme a Figura 3, observa-se que a população de Toledo aumentou significativamente em 2010, ou seja, houve crescimento populacional, salvo o bairro Cerâmica Prata, em que a população, em 2000, era maior a do ano de 2010. Também há o surgimento de dois novos bairros, a partir de 2010, Jardim Bressan e Jardim Panorama, enquanto, no Jardim Pinheirinho, a população, em 2010, aumentou proporcionalmente à população do ano de 2000.

O Município de Toledo, cresceu rapidamente, transitando de confins agrícola para confins agroindustriais. Apresentando uma economia estruturada pelo agronegócio, no ano de 2010, o município possuía o 1<sup>a</sup> lugar no PIB agropecuário, por município, da região Sul do país e o 3<sup>o</sup> lugar em valor adicionado da agropecuária brasileira. Atualmente, com uma população de mais de 140 mil habitantes, Toledo ocupa o 1<sup>o</sup> lugar em retorno do ICMS do Estado, o 10<sup>o</sup> lugar no PIB total paranaense (PREFEITURA MUNICIPAL DE TOLEDO, 2021).

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GERAL**

Determinar a fragilidade ambiental do município de Toledo, visando dar subsídios à expansão urbana compatível com a preservação dos recursos naturais e minimizando os impactos ambientais.

### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

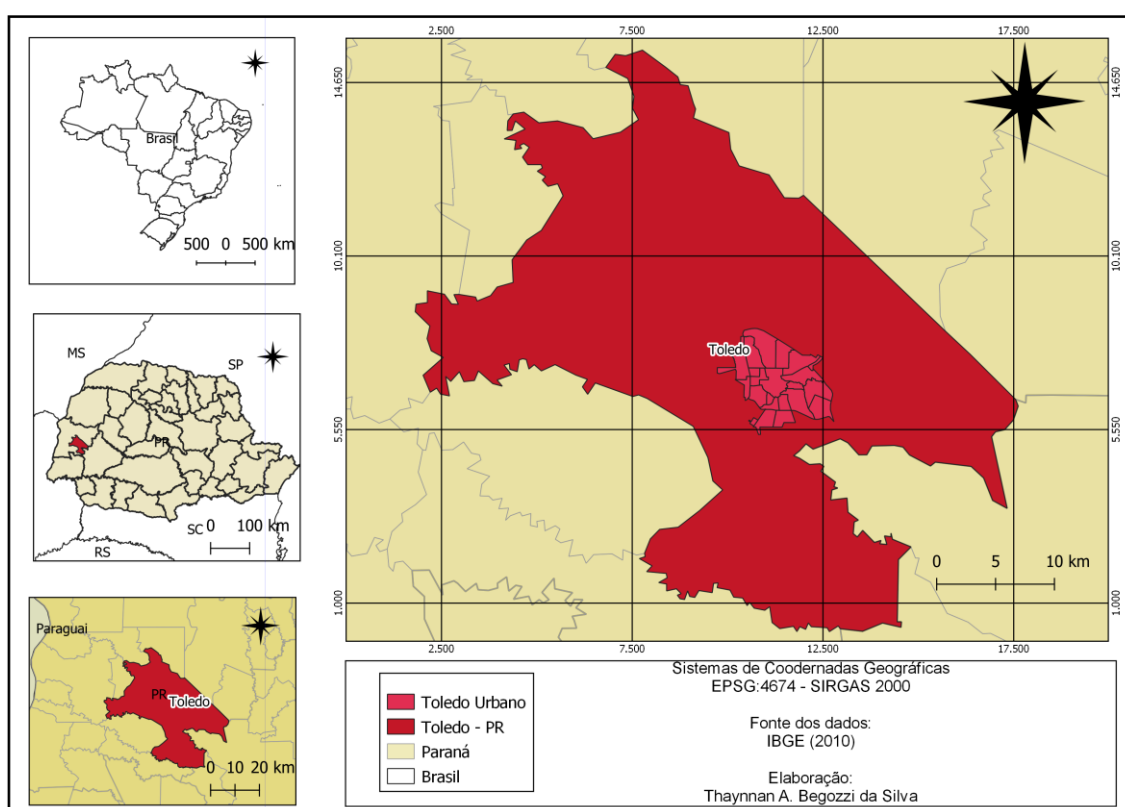
- a) Processar os dados de fragilidade da cidade de Toledo: solo, relevo, e uso e ocupação da terra, utilizando o SIG.
- b) Elaborar e discutir mapas temáticos da área de estudo: mapa de uso e ocupação do solo, mapa de declividade e classes de solos, visando reconhecer e mapear as fragilidades ambientais e potenciais associadas ao crescimento da área urbana.
- c) Gerar mapa com uma sugestão de expansão urbana para Toledo, visando contribuir para o crescimento urbano ordenado.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Toledo é a cidade polo da 22<sup>a</sup> microrregião do Paraná (Figura 4), em função da influência que exerce sobre 20 municípios circunvizinhos, devido ao número de habitantes, comércio e indústria serem mais expressivos. Segundo o IBGE, em 2019, a população foi estimada em 140.635 habitantes, indicando que Toledo apresenta alta densidade populacional, cerca de 100 hab/km<sup>2</sup>.

Figura 4 - Localização do Município de Toledo



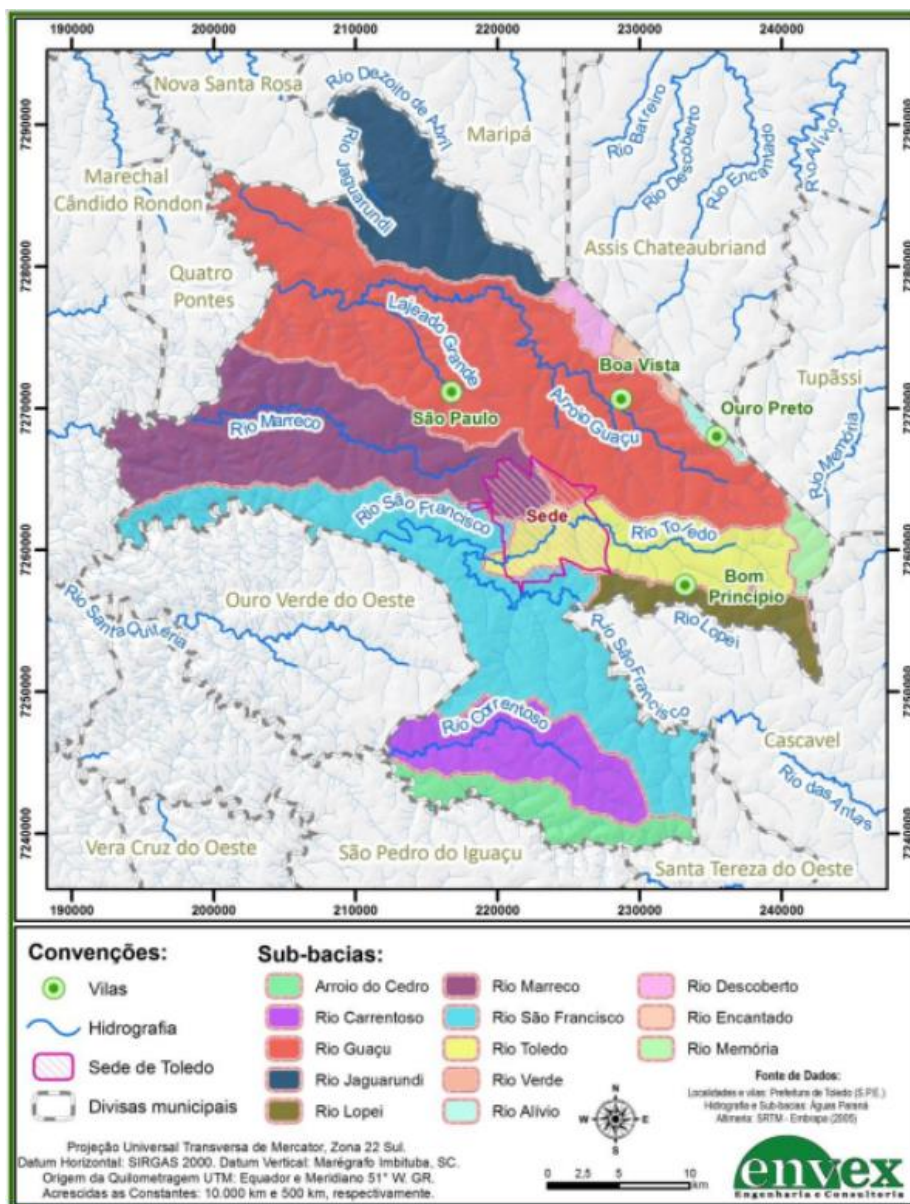
Fonte: Adaptado de IBGE (2010).

O município de Toledo localiza-se na região do Oeste do Paraná, com latitude de 24° 42' 49" Sul e longitude de 53° 44' 35" Oeste, com a altitude de 560 metros e 1.197,016 km<sup>2</sup> de área (PLANO DIRETOR MUNICIPAL TOLEDO/PR, 2019).

A hidrografia de Toledo é formada por corpos d'água importantes para o desenvolvimento econômico do município, pois são responsáveis por fazerem a divisão entre as localidades e por abastecer o município. Suas águas correm em direção ao Rio Paraná ou ao Lago de Itaipu. Toledo está localizada na Bacia

Hidrográfica do Paraná 3, com área de 7979,4 km<sup>2</sup>, englobando 28 municípios. Na Figura 5 estão representadas as principais Sub-Bacias Hidrográficas de Toledo/PR.

Figura 5 - Mapa hidrográfico de Toledo



Fonte: Hidrografia e Sub-bacias: Águas Paraná (2005).

A área total da sub-bacia do Rio Toledo é de cerca de 93 km<sup>2</sup>, possuindo a sua maior porção na área urbana (Tabela 1). O principal rio desta sub-bacia é o Toledo. Ela é uma sub-bacia da bacia hidrográfica do Rio São Francisco Verdadeiro. O Rio Toledo atravessa o perímetro urbano e é usufruído para abastecimento da população (PLANO DE CONTROLE AMBIENTAL - IAT, 2015).

Tabela 1 - Área dos Rios dentro e fora de Toledo

Sub-bacia	Área total (km <sup>2</sup> )	Área dentro do território de Toledo (Km <sup>2</sup> )	% dentro	Área externa do território de Toledo (Km <sup>2</sup> )	% externo
Rio Toledo	92,98	92,98	100,00%	0	0,00%
Rio Guaçu	582,62	474,26	81,40%	108,37	18,60%
Rio Marreco	245,1	198,61	81,00%	46,48	19,00%
Rio Santa Quitéria	343,74	138,15	40,20%	205,59	59,80%
Rio São Francisco	645,64	255,49	39,60%	390,15	60,40%
<b>Total</b>	<b>1910,07</b>	<b>1159,49</b>	<b>60,70%</b>	<b>750,59</b>	<b>39,30%</b>

Fonte: Estação ANA (Hidroweb, 2015)

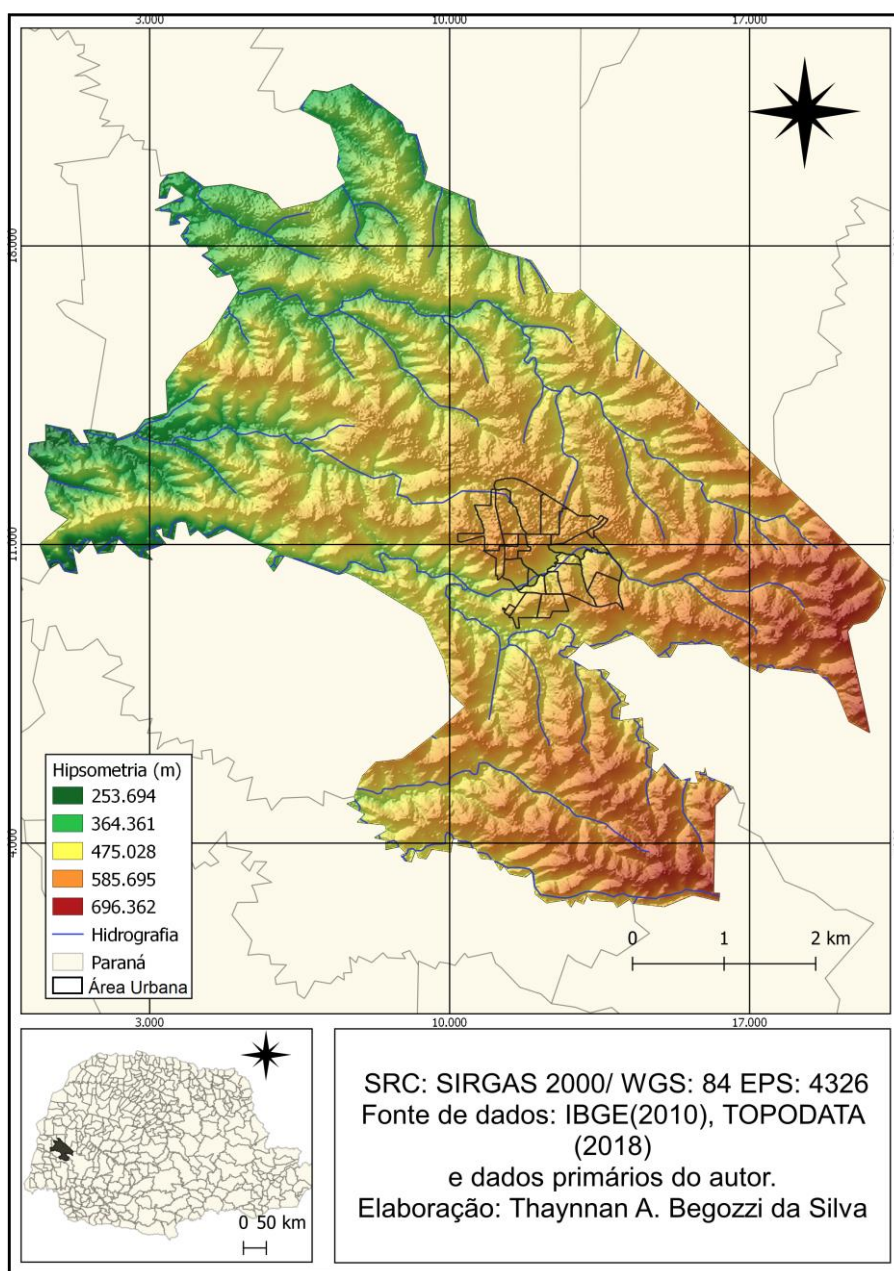
A vegetação natural da região de Toledo é considerada Floresta Estacional Semidecidual, em área de transição com Floresta Ombrófila Mista ou Floresta com Araucária, pertencentes ao bioma da Mata Atlântica (IBGE, 2012). Contudo, na área de estudo, encontra-se modificações ocasionadas pela ocupação antrópica e suas atividades.

Grande parte do solo de Toledo é do tipo Latossolo Vermelho, o mesmo encontrado nos municípios circunvizinhos. De acordo com Santos (2018), solos do tipo Latossolo Vermelho são solos minerais, profundos, suas cores variam de vermelhas muito escuras a amareladas, devido à presença de óxidos de ferro e de alumínio, que são agentes agregantes. Os Latossolos estão sujeitos à utilização com culturas anuais, reflorestamento, perenes e pastagens. Normalmente, estão situados em relevo plano a suave-ondulado, o que facilita a mecanização. Independentemente do seu potencial para agropecuária, uma parcela de sua área deve ser conservada para finalidade de preservação da biodiversidade desses ambientes.

Na área de estudo, o pico mais alto apresenta uma altitude de 696 metros e a região mais baixa uma altitude de 253 metros (dados a cada metro). Dessa forma, tem-se uma variação de altitude de 442 metros, sendo que o setor leste e sul são os que apresentam a maior elevação, conforme pode-se observar na Figura 6.



Figura 6 - Mapa Hipsométrico de Toledo



Fonte: Autoria própria (2021).

Toledo está a 564 m acima do nível do mar, possuindo uma pluviosidade significativa ao longo do ano. De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, o clima é classificado como CFA (clima temperado úmido com verão quente), ou seja, clima subtropical. A temperatura média do mês mais quente superior é 22 °C e a temperatura média do mês mais frio é 18 °C. A média anual de pluviosidade é de 1.483 mm (WEATHER SPARK, 2016).



## 4.2 ELABORAÇÕES DAS CARTAS TEMÁTICAS E DE DELIMITAÇÃO GEOAMBIENTAL DA ÁREA DE ESTUDO (COLETA DE DADOS)

Para a obtenção das bases de dados geográficos, bem como para a análise e integração dos mesmos, a fim de obter informações compostas sobre a área de estudo, processamento de arquivos no formato matricial, interpolação e álgebra de mapas, georreferenciamento, edição de arquivos no formato vetorial e elaboração dos mapas finais, utilizou-se um Sistema de Informação Geográfica (SIG), denominado QGIS, na versão 3.14

Os dados dos mapas elaborados (tipos de solo, declividade e do uso e ocupação do solo) da área de estudo, são do ano de 2010 sendo o último censo realizado pelo instituto IBGE. Estes mapas serviram de base para elaboração do mapa de fragilidade ambiental, que tem por finalidade a identificação das áreas de baixa, média e alta fragilidade ambiental.

Os procedimentos metodológicos desta pesquisa foram desenvolvidos a partir da elaboração e processamento de uma base de dados georreferenciados, no ambiente SIG, utilizando imagem SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*) obtida no banco de dados Geomorfométricos do Brasil (TOPODATA), tendo como sistema de coordenadas planas o *Universal Transverso de Mercator* (UTM), com Datum WGS 84, fuso 21 Sul e resolução espacial de 30 metros.

Em seguida, os procedimentos da elaboração de cada mapa são descritos (Figura 7).

Figura 7 - Fluxograma de análise dos critérios



Fonte: Autoria própria (2021).

#### 4.2.1 Delimitação da área de estudo

Inicialmente, delimitou-se a área de estudo utilizando o *Shapefile* do limite do município e dos bairros, obtidos através do site do Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA), tanto da área do município como da área urbana, e exportado para o programa QGIS 3.14, onde realizou-se o tratamento da imagem.

#### 4.2.2 Carta de uso e ocupação do solo

Com o propósito de identificar as classes de uso e ocupação, foram utilizados os dados do Mapbiomas dos anos de 2000 e 2010. Inicialmente, localizou-se a malha da mata atlântica em *raster* (formato de TIFF). Em seguida, com o vetor do local estudado, realizou-se o corte. Para facilitar a interpretação das imagens e

diferenciar as classes de uso e ocupação, o raster foi transformado em vetor. Estabeleceu-se cinco classes para uso e cobertura do solo, sendo elas:

- a) Agricultura – área de cultivo agrícola podendo ser permanente ou temporário.
- b) Floresta - Vegetação que apresente predominância de indivíduos lenhosos, onde as copas das árvores se tocam formando um dossel, Mata Atlântica.
- c) Floresta não natural – Floresta artificial, implantadas com objetivos próprios, podendo ser formadas por espécies nativas como exóticas.
- d) Urbanização - Área urbana, espaço ocupado por uma cidade, tendo como característica presença de edificação, ruas pavimentadas.
- e) Corpos D' água – Qualquer acumulação significativa de água.

No quadro 1, estão especificadas as classes utilizadas e as definições do IBGE para cada classe.

Quadro 1 - Classes utilizadas na classificação do uso e cobertura do solo, com suas definições

Classificação IBGE		Nomenclatura utilizada no texto
Classes	Definição	
Lavouras temporárias	Cultura de plantas de curta ou média duração, geralmente com ciclo vegetativo inferior a um ano, que após a produção deixa o terreno disponível para novo plantio. As lavouras semipermanentes, bem como as culturas de algumas forrageiras destinadas ao corte, também estão incluídas nessa categoria	Agropecuária
Reflorestamento	Plantio ou formação de maciços com espécies florestais.	Floresta plantada
Floresta	Considera-se floresta as formações arbóreas, incluindo-se as áreas de floresta densa, de floresta aberta, de floresta estacional, da floresta ombrófila mista	Formação florestal
Corpo d'água	Cursos de águas naturais, lagos e reservatórios.	Rios e lagos

Áreas Urbanizadas	Áreas de uso intensivo, estruturadas por edificações e sistema viário, predominando superfícies artificiais não agrícolas. Estão incluídas nesta categoria as metrópoles, cidades, vilas, áreas de rodovias, serviços e transporte, energia, comunicações e terrenos associados, áreas ocupadas por indústrias, complexos industriais e comerciais.	Infraestrutura Urbana
-------------------	---	-----------------------

Fonte: Manual técnico do uso da terra – IBGE (2013)

Seguiu-se, então, para o processo de classificação manual, criou-se uma nova coluna na tabela de atributos, com as nomenclaturas destinadas para cada uso e ocupação do solo, seguidas dos respectivos graus de proteção, definidos por Ross (1994), variando de um a cinco, tanto no mapa do ano de 2000 quanto no de 2010.

Quadro 2 - Graus de proteção do solo em função dos Tipos de Cobertura Vegetal

<b>Graus de Proteção</b>	<b>Tipos de Cobertura Vegetal</b>
1 - Muito baixa	Florestas/ matas naturais ou com biodiversidade.
2 – Baixa	Capoeira/ mata secundária/ pastagem com baixo pisoteio.
3- Média	Silvicultura (eucalipto)/ cultura ciclo longo (banana, café, laranja, limão etc.) / cultivo de cana de açúcar.
4- Alta	Cultura ciclo curto (trigo, soja, arroz, milho, feijão, batata, etc.)
5 - Muito Alta	Áreas desmatadas e queimadas recentes/ solo exposto por arado/ terraplanagens/ cultura ciclo curto sem práticas conservacionistas

Fonte: Adaptado de Ross (1994).

Complementando a metodologia adotada por Ross (1994), utilizou-se os dados estruturados por Santos (2011), os quais o autor classifica com embasamentos de Ross (1994), porém, abrangendo índices de áreas urbanas (Quadro 3).

Quadro 3 - Graus de Fragilidade conforme a Urbanização

Graus de Fragilidade	Quanto ao grau de urbanização
1- Muito baixa	Predomínio de condições naturais com um estrato vegetal bem desenvolvido e/ou em estágio avançado de regeneração que favorece a infiltração, minimizando o escoamento pluvial. Setores de média urbanização situados em áreas mais elevadas que apresentam baixa declividade e contam com medidas estruturais e não estruturais para o controle de cheias, como caixas de sumidouro, canteiros permeáveis, obstáculos para redução na velocidade do escoamento, reservatórios para coleta e reuso de água da chuva.
2 – Baixa	Área urbanizada com drenagem eficiente, baixa declividade, presença de ações para controle de cheias, infiltração e redução do escoamento nas vias de circulação, nos lotes e nas construções.
3- Média	Área urbanizada predominantemente impermeável com problemas de drenagem e constantes alagamentos e inundações. Ambientes com declividade praticamente nula, precariamente incorporados à drenagem, suscetíveis a inundações sazonais, que podem ter constituído antigas planícies de inundação de corpos hídricos e lacustres afetados ao não por atividades antropogênicas.
4- Alta	Locais urbanizados e/ou semiurbanizados com precariedade nas construções e na infraestrutura para eventos pluviométricos de média/alta intensidade. Áreas de inundação natural, como planícies lacustres, e setores mais abrigados das planícies fluviais e fluviomarinhas.
5 - Muito alta	Áreas críticas que deveriam ser destinadas à manutenção de sua funcionalidade sistêmica original. Ausência de infraestrutura e total precariedade dos constructos humanos, fruto do uso e ocupação desordenados dos solos. Ambientes naturalmente favoráveis à inundação, tais como corpos hídricos e planícies de inundação. Setores com grande declividade suscetíveis a movimentos de massa.

Fonte: Adaptado de Santos (2011).

Definindo a tabela de atributos, determinou-se as composições, em cores, conforme a paleta de cores RGB, da tabela disponibilizada no site do Mapbioma para cada tipo de uso e ocupação. Para auxiliar a identificação das áreas classificadas, utilizou-se o programa *Google Earth*, com as coordenadas da área de estudo, do mesmo ano. Fez-se o uso do programa, quando houve dúvidas na identificação de cada área classificada. Por fim, realizou-se o tratamento da imagem, resultando nos mapas de uso e ocupação do solo dos anos de 2000 e 2010.

#### 4.2.3 Cartas de declividade

Obteve-se os dados de Modelos Digitais de Elevação (MDEs) através do Banco de Dados do Brasil, o TOPODATA (2020). Foram obtidas as imagens morfométricas da região do Oeste do Paraná através de duas imagens retangulares (24S54\_ZN e 24S555ZN), em formato TIFF (*Tagged Image File Format* - Formato de Arquivo de Imagem com Tags), transferidas para o programa QGIS, que permite

limitar a área de estudos através do vetor de Toledo, por meio da realização de um recorte. Com tal recorte, gerou-se valores de altitudes da declividade em porcentagem.

A utilização da ferramenta GRASS GIS possibilitou alcançar uma reprodução muito próxima da topografia existente no local, com detalhes do relevo desde a representação tridimensional.

Posteriormente a este procedimento, utilizou-se a reclassificação dos valores no comando >Reclassificar por tabela, os valores interpolados foram agrupados em intervalos de cinco classes de declividade em porcentagem: 0-6%, 6-12%, 12-20%, 20-30% e >30%, de acordo com Ross (1994), como mostra a Tabela 2.

As cores adotadas para o mapeamento seguem critérios de declividade, desde o verde para os mais planos, passando para o amarelo, laranja e vermelho, na medida em que se eleva a declividade. Por fim, foi feito o tratamento de imagem, que resultou no mapa.

Tabela 2 - Fragilidade das classes de declividade

<b>Classes de Fragilidade</b>	<b>Classes de Declividade</b>	<b>Categoria</b>
Muito Baixa	0-6 %	1
Baixa	6-12 %	2
Médio	12-20 %	3
Alto	20-30 %	4
Muito Alto	> 30 %	5

Fonte: Adaptado de Ross (1994).

Ross (1994) classificou cada variáveis da declividade conforme a situação que apresentara. Dessa maneira, foram atribuídos pesos, em porcentagem (%), para cada parâmetro avaliado, com relação a sua fragilidade, sendo: muito fraco (0-6%), fraco (6-12%), médio (12-20%), forte (20-30%) e muito forte (>30%). O resultado final personifica a soma das variáveis, (tipo de uso e ocupação da terra, declividade, tipo de solos, cobertura vegetal etc.), fornecendo a intercepção dos dados para se obter o grau de fragilidade à qual a área de estudo está exposta.

#### 4.2.4 Carta de classificação dos solos

Para a composição do mapa de classes de solo, utilizou-se os dados cartográficos em vetor, fornecidos pelo Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná (ITCG). Gerou-se uma nova coluna na tabela de atributos, para classificar as áreas do solo, gerando uma classificação categorizada de cada área, variando de um a cinco. Para classificar os tipos de solo, Ross (1994) estabelece a base cartográfica da Embrapa (2006), que dispõe os tipos de solo de todo Brasil, conforme o Quadro 4.

Quadro 4 - Classes de Fragilidade dos Solos

<b>Classe de fragilidade</b>	<b>Tipos de solo</b>
1 - Muito Fraca	Latossolo Vermelho, Latossolo Vermelho – Amarelo, textura argilosa.
2 - Fraca	Latossolo Amarelo, Latossolo Vermelho- Amarelo, textura média/ argilosa.
3 - Média	Nitossolo Vermelho, Chernossolo, Argiloso Vermelho, textura média/argilosa.
4- Forte	Argiloso - Amarelo, textura média/ arenosa, Cambissolos.
5 - Muito Forte	Neossolo, Cambissolo, Gleissolo.

Fonte: Adaptado de Ross (1994).

#### 4.2.5 Padronização dos fatores

Antes de serem trabalhados no formato matricial (raster), todos os fatores (declividade, uso da terra e solos) foram normalizados, de acordo com a metodologia proposta por Ross (1994). Criou-se uma nova coluna na tabela de atributos, gerando uma categoria de classe ou grau de proteção, recebendo uma nota hierarquizada de um (muito baixa) a cinco (muito alta), conforme as classes de fragilidade descritas na Tabela 3.

Tabela 3 - Classes de fragilidade

<b>Notas</b>	<b>Classes de Fragilidade</b>
1	Muito Baixo
2	Baixo
3	Médio
4	Alto
5	Muito Alto

Fonte: Adaptado de Ross (1994).

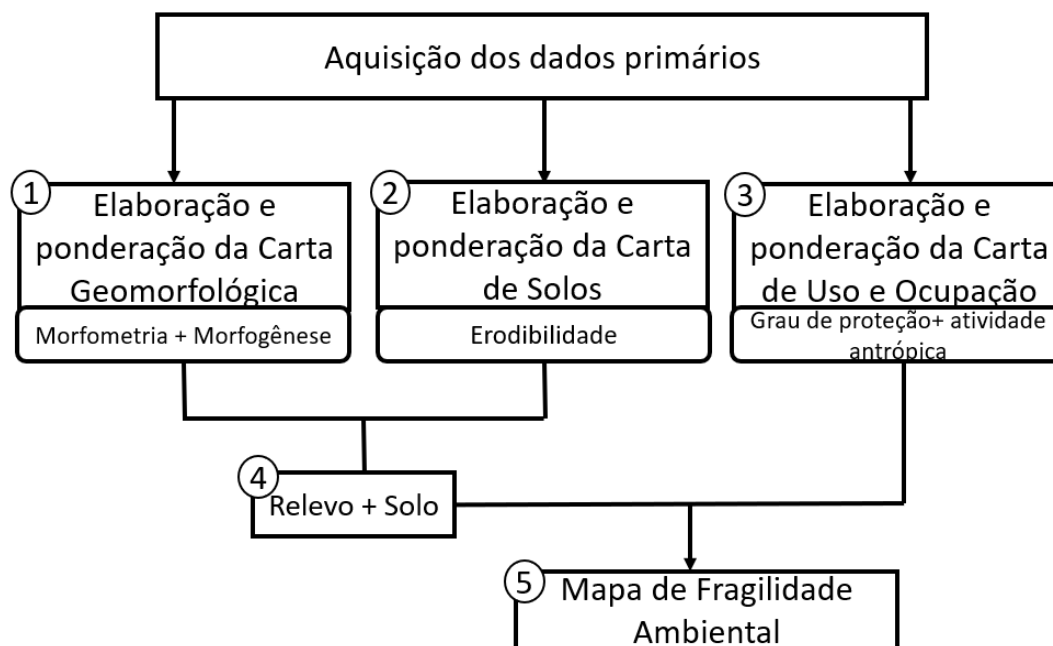
Cada fator possuía, de início, uma escala numérica. Por conta de a declividade apresentar-se em porcentagem e os solos a partir de uma unidade qualitativa, fez-se necessário padronizar todos os fatores, para que apresentassem a mesma unidade. Posteriormente, os fatores, que estavam em formato de vetor, foram convertidos para raster, através do processo do programa QGIS, tendo cada pixel dos fatores, o tamanho de 30 metros de resolução espacial.

Cada um dos fatores possui importância diferente para a determinação da fragilidade ambiental. Para a definição dos pesos de cada fator, foi adotada a metodologia de modelo empírico, proposto por Ross (1994), partindo do conceito de Ecodinâmica de Tricard (1977), baseada na associação morfogênese/pedogênese, que proporciona uma classificação referente aos graus de instabilidade.

Para a produção da matriz de fragilidade ambiental deste trabalho, os procedimentos metodológicos caracterizam-se através do uso de dados ambientais georreferenciados sobre a geomorfologia, solos, vegetação e uso da terra. Determinou-se, inicialmente, a fragilidade potencial, em seguida, foi realizado o cruzamento dos dados gerados com o uso e cobertura do solo, conforme a Figura 8.



Figura 8 - Fluxograma de processamento proposto por Ross (1994)



Fonte: Adaptado de Ross (1994).

#### 4.2.6 Obtenção do mapa de fragilidade ambiental

Nesta etapa, foi utilizada a técnica de análise de multicritério, mais diretamente uma combinação linear ponderada (CLP). Esse procedimento estabelece os fatores (pixel) através de uma média ponderada, que são multiplicados pelo seu peso e somados com os resultados.

Considerou-se os fatores geomorfológicos (declividade), erodibilidade (solos) e uso da terra, normalizados as pontuações para um intervalo fixado conforme a metodologia proposta por Ross (1994) (Tabela 7) no caso de 1 a 5, incluindo notas que fossem mais apropriadas para cada classe de instabilidade. Para a aplicação da CLP, considerou-se a Equação 1 (EASTMAN et al., 1995).

(1)

$$FA = \sum_i w_i x_i$$

Onde: FA representa o mapa de fragilidade ambiental;  $w_i$  peso do fator  $i$ , e  $x_i$  valor do fator  $i$ . Após este procedimento, gerou-se o mapa de fragilidade ambiental, em formato matricial (raster), através da calculadora raster, admitido um valor de fragilidade em 30 metros por pixel.

#### 4.2.7 Mapa para nova expansão urbana

Para a realização de uma proposta de expansão urbana, foi considerado o mapa de fragilidade ambiental, assim dizendo, os locais que possuem alto risco ambiental. Ponderou-se, também, dois critérios: o Novo Código Florestal Brasileiro (Lei 12.651 – 2012) e o Plano Diretor da cidade.

Com o mapa de fragilidade ambiental elaborado, exportou-se as imagens de satélite do *Google Earth* ao programa QGIS 3.14, como forma de complementar a análise, o que possibilitou uma visão de floresta natural e floresta plantada. Em seguida, fez-se uso da ferramenta polígonos, que gerou novas áreas de expansão urbana.

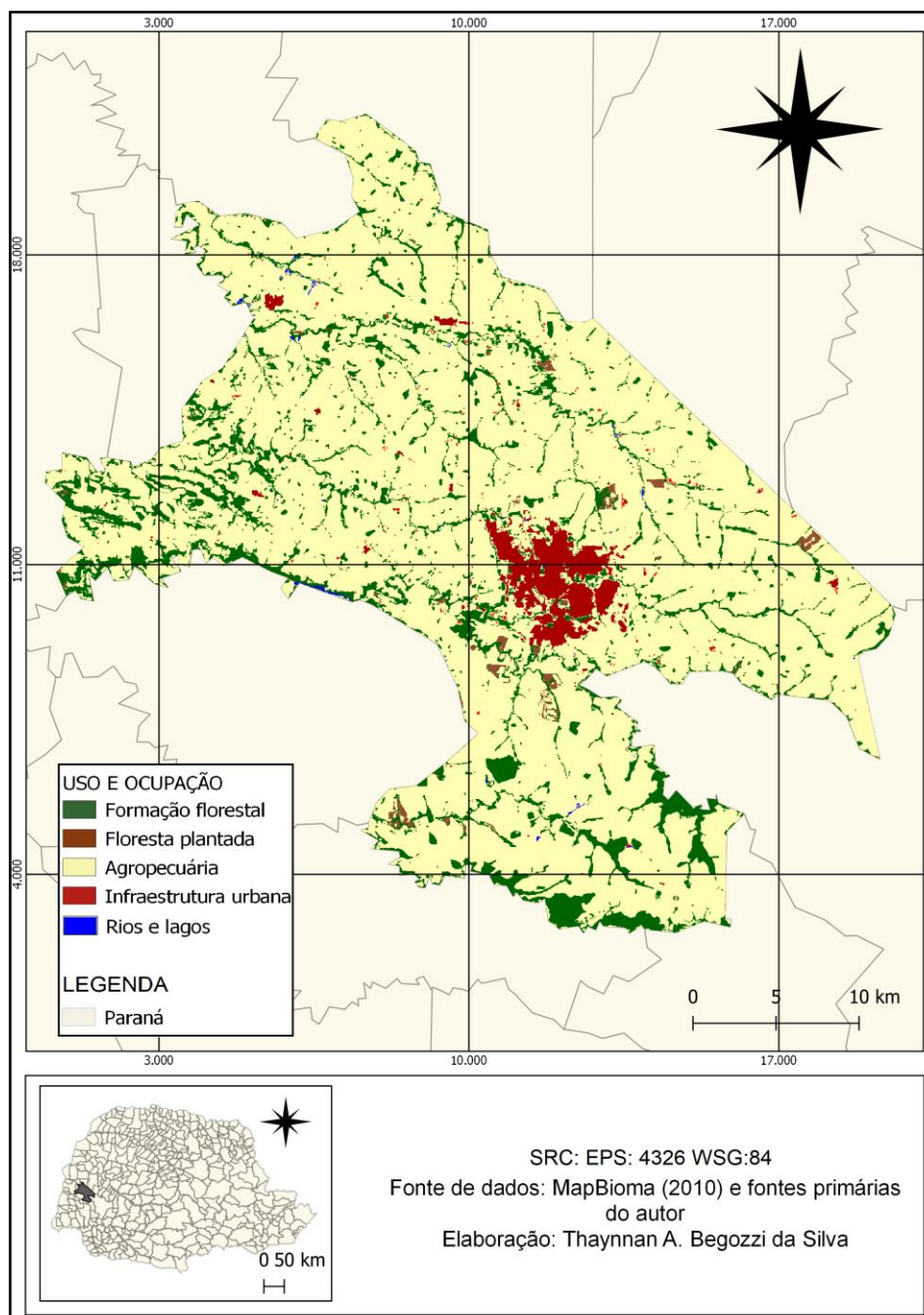
## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Toledo possui uma área de longa extensão territorial (1.197,016 km<sup>2</sup>), com variedades físicas e naturais; como relevo, clima e solo, não sendo descartadas, também, as atividades antrópicas, em relação ao uso e ocupação da terra, com níveis significativos de fragilidade ambiental. Considera-se a declividade de Toledo como plana, marcada pela existência de quatro espigões paralelos (áreas um pouco mais elevadas), que funcionam como divisores de água. As regiões de menor altitude apresentam a existência de fluxos de água, como rios e córregos. Já nas localidades de maior altitude, situam-se nascentes e divisores de água. Grande parte do uso do solo é agrícola, pois apresenta um solo considerado fértil para tal atividade. As áreas urbana e de expansão, por sua vez, encontram-se em sentido ao Leste-Oeste e Norte-Sul.

### 5.1 MAPA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

O uso da terra de Toledo é representado por cinco classes diferentes de usos, sendo: formação florestal, floresta plantada (eucalipto e pinus), agropecuária (plantação de soja, milho, trigo e outras lavouras temporárias), infraestrutura urbana e rios e lagos, como apresentado, nas Figuras 9 e 10.

Figura 9 - Mapa Uso e Ocupação do Solo de 2010



Fonte: Autoria própria (2021).

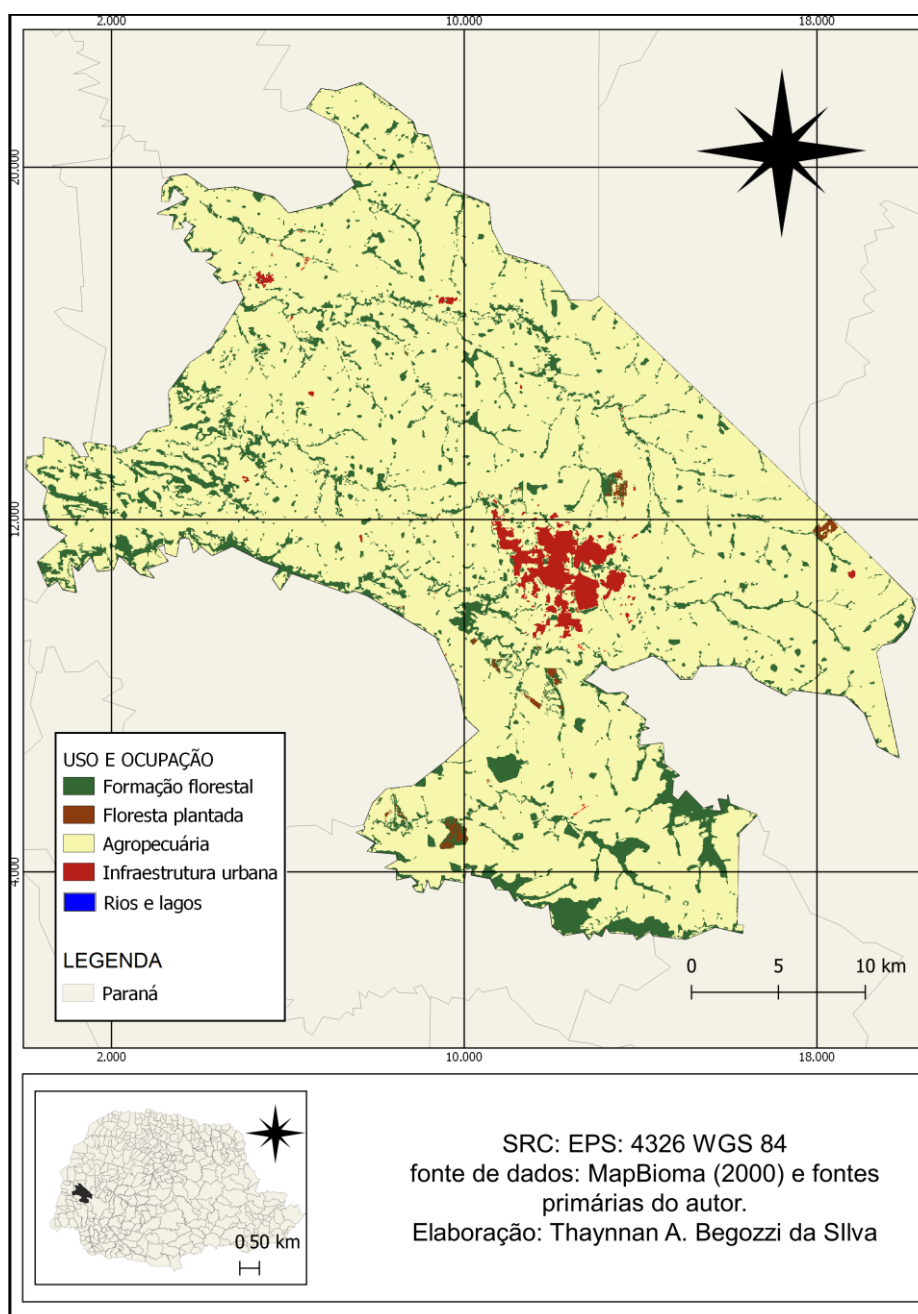
Nas áreas da cidade de Toledo (2010), predominou a Agropecuária em maior porcentagem de uso e ocupação do solo. Destaca-se a plantação de soja e plantação temporária de milho, feijão, trigo, ocupando, respectivamente, 83,26% do total da área. Considera-se que as áreas correspondentes à agricultura, com cultivos de plantação temporária, proporcionam baixa proteção aos solos, tendo sido classificadas como de alta fragilidade.

Mesmo que a área predominante seja agropecuária, as áreas ocupadas por Formação Florestal (vegetação nativa: Floresta Estacional Semidecidual) apresentam a segunda maior porcentagem do tipo de uso do solo, 13,51%. Esta área se torna relevante para a conservação dos recursos hídricos e foi classificada com fragilidade muito baixa. A vegetação natural possui uma grande importância para a conservação do solo, pois auxilia no controle da infiltração hídrica no solo, proveniente das águas pluviais, cooperando com a diminuição de processos erosivos.

A área urbana apresenta 2,56% do total da área em análise, tendo como classificação fragilidade média, pois Toledo tem área urbanizada com grande parte impermeável, sua declividade é praticamente nula, podendo ser suscetível a inundações sazonais em algumas regiões. Áreas de Florestas plantadas e Rios e Lagos foram as que apresentaram menores valores e porcentagens relacionadas à área total, 0,61% e 0,06%, ambas estão classificadas com grau de fragilidade ambiental baixa.

Quando comparado com o ano de 2000, é possível observar que houve alterações no uso do solo entre estes anos (2000 e 2010). As principais mudanças foram o aumento das áreas urbanizada, de florestas naturais e florestas plantadas, Corpo d'água e a diminuição da agropecuária.

Figura 10 - Mapa Uso e Ocupação do Solo de 2000



Fonte: Autoria própria (2021).

A área urbana corresponde a 2,03% do município, em 2000, e 2,56%, em 2010. A agricultura, em 2000, possuía 85,12% e em 2010, 83,26%. Mesmo com a diminuição da área, a agricultura representa a maior parte, sendo considerado um grau de proteção alto. Uma área que também sofreu aumento foi a de florestas (Tabela 4).

Tabela 4 - Classes de Uso e Ocupação do solo de 2000 - 2010 de Toledo

<b>Classes</b>	<b>Categorias</b>	<b>Área (ha) 2000</b>	<b>Área (ha) 2010</b>	<b>% de 2000</b>	<b>% de 2010</b>
Muito Baixa	1- Floresta	14.984,52	16.277	12,48%	13,51%
Baixa	2- Floresta plantada	401,75	725,07	0,33%	0,61%
Alta	3- Agropecuária	102.212	100,248	85,12%	83,26%
Média	4- Urbanização	2.428	3.086	2,03%	2,56%
Baixa	5- Corpo D' Água	47,54	61	0,04%	0,06%

Fonte: Adaptado de MapBioma (2010) e IBGE (2010).

Em relação às áreas ocupadas por floresta plantada, incluindo eucalipto e pinus, houve um aumento de 0,33% para 0,61% entre os anos de 2000 a 2010. O declínio de 1,86% nas áreas de agricultura pode ter motivado este aumento, concedendo benefícios para o solo, uma vez que, degradado e descoberto, atualmente, dispõe de cobertura florestal, possibilitando o equilíbrio solo/água, bem como de vegetações ciliares, que protegem as margens dos rios. Conforme Volk, Cogo e Streck (2004), a cobertura florestal diminui a amplitude térmica e conserva melhor a umidade do solo, pois funciona como uma barreira física, que auxilia na redução de erosão hídrica.

Apesar da área agrícola ter diminuído do ano de 2000 para 2010, o Valor Bruto da Produção Agropecuária (VBP) de Toledo aumentou. No período do ano de 2000 o faturamento total das propriedades rurais instaladas no município foi de R\$ 343.653.648, no ano de 2010 de acordo com dados da Secretaria de Estado da Fazenda do Paraná (SEFA) o VBP ultrapassou R\$ 1 bilhão (GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ, 2012). Toledo lidera o VBP desde 97, quando este índice começou a ser apurado, esses altos índices correspondem a uma agricultura com tecnologia avançada, uma agroindústria próspera e um bom Índice de Desenvolvimento Humano (IDH maior que 0,8).

Em relação as áreas urbanizadas, tiveram um aumento de 0,53% entre os anos de 2000 e 2010. Durante este período, pode-se observar um avanço em direção às áreas antes ocupadas por infraestruturas rurais (propriedades rurais). Segundo Schuller, Fralley-Mcneal e Capiella (2009), o desenvolvimento das áreas

urbanizadas modificam a qualidade natural de cobertura do solo, causando impactos ambientais negativos, como diminuição da infiltração da água pluvial, redução da vegetação natural e aumento do escoamento superficial. Em relação às águas subterrâneas, as áreas urbanizadas podem ocasionar a origem de poluição, resultada pela infiltração de contaminantes originários de vazamentos em tubulação de esgoto e fossas sépticas (LERNER; HARRIS, 2009).

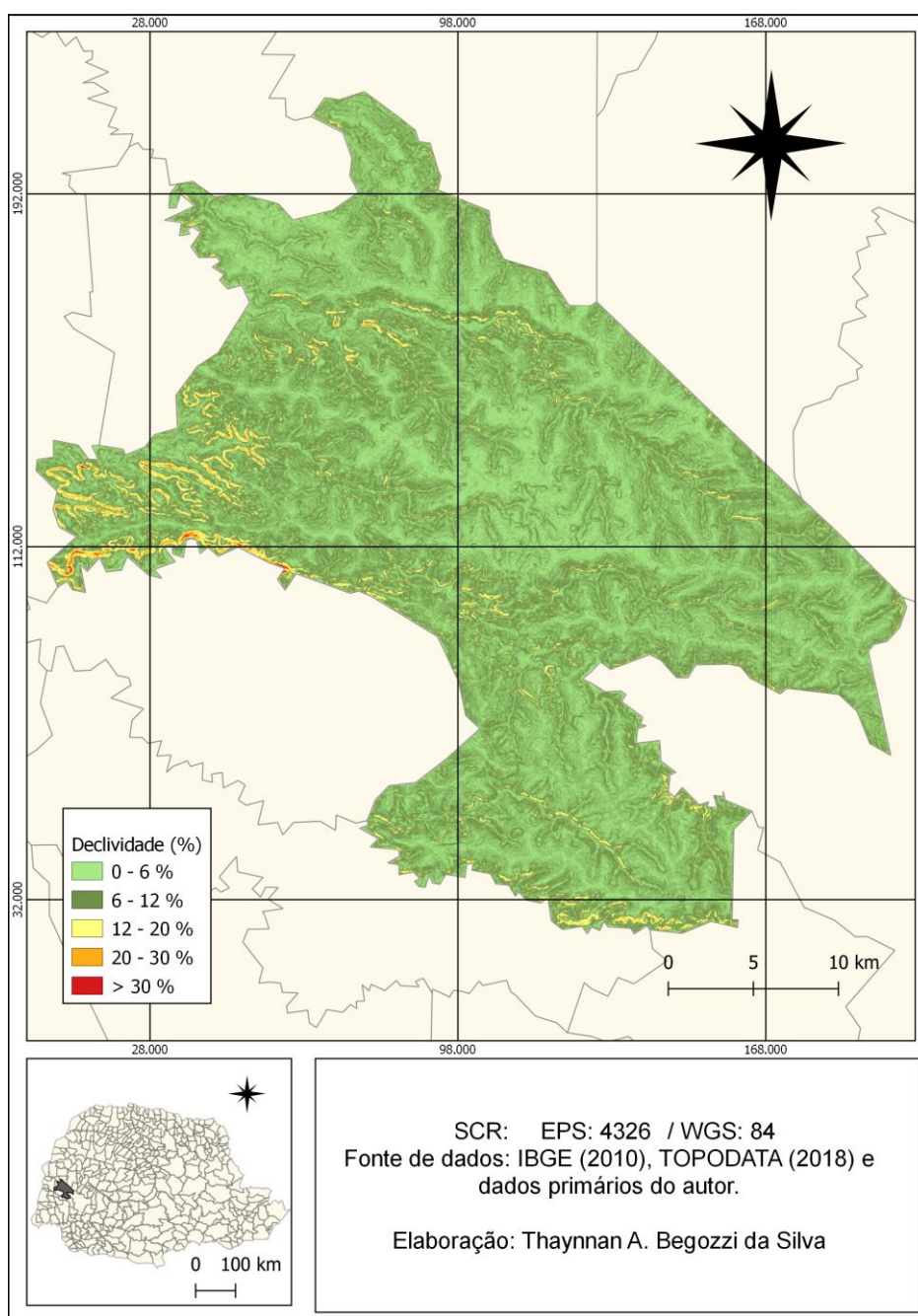
## 5.2 MAPA DE DECLIVIDADE

A declividade de Toledo abrange as cinco classes. Grande parte do território da bacia foi identificado como suave ondulados (6-12%), com vertente de inclinação a 6,65%, correspondente a uma área de 689,31m<sup>2</sup>, tendo uma fragilidade baixa.

As áreas com declividade plana (0-6%) são classificadas com uma fragilidade muito baixa, apresentando uma área de 359,11m<sup>2</sup>. Apenas 0,05m<sup>2</sup> de área foi caracterizada como montanhosa (>30%), encontrada na região oeste, onde a declividade chega a 30%, possuindo uma fragilidade muito alta conforme a Figura 11.



Figura 11 - Mapa de Declividade de Toledo

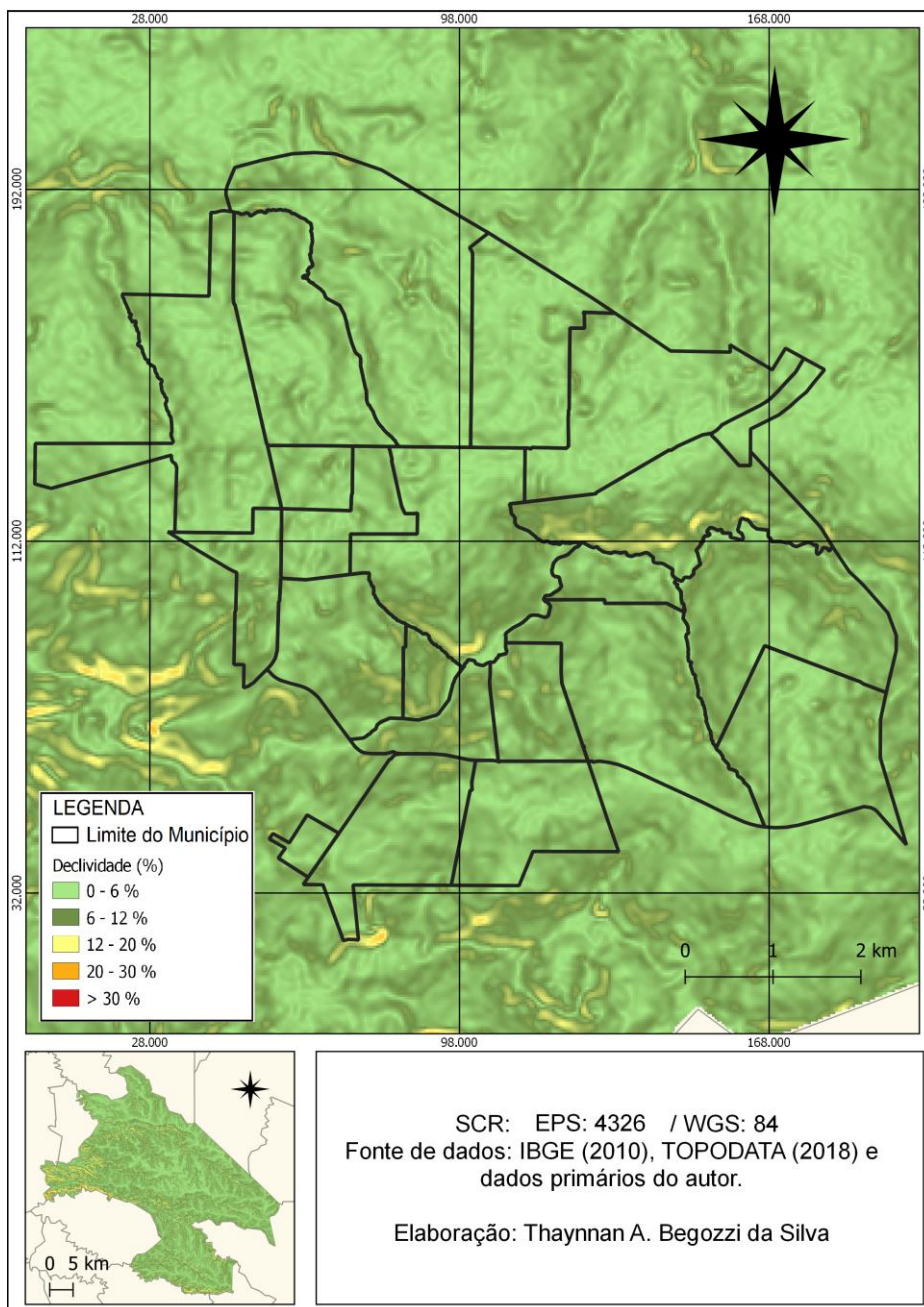


Fonte: Autoria própria (2021).

As áreas onduladas (12 -20 %) apresentam uma área de 107,84 km<sup>2</sup> com classificação de fragilidade média, e as áreas com declividade forte ondulada (20-30%), com área de 2,10 km<sup>2</sup>, classificadas com fragilidade forte, estão situadas na região sudeste, onde há uma pequena elevação, denominada Serra de São Francisco, localizada a leste de Dez de Maio, entre a sede do distrito e a Linha União.

Dentro do perímetro urbano, pode-se encontrar classe de fragilidade média em alguns bairros, como Jardim Concórdia, Centro, Jardim Parizzoto e Jardim Panceira, conforme a Figura 12.

Figura 12 - Mapa de Declividade da área Urbana de Toledo (divisão por bairros)



Fonte: Autoria própria (2021).

Conforme Ross (1994), os valores da declividade apontam às características do relevo (Tabela 5).

Tabela 5 - Classificação declividade de Toledo

<b>Classe</b>	<b>Fragilidade (%)</b>	<b>Declividade (%)</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Peso</b>
Muito Baixa	0-6 %	0,01%	359,11	1
Baixa	6-12 %	6,65%	689,31	2
Médio	12-20 %	13,29%	107,84	3
Alto	20-30 %	19,92%	2,1	4
Muito Alto	> 30 %	30%	0,05	5

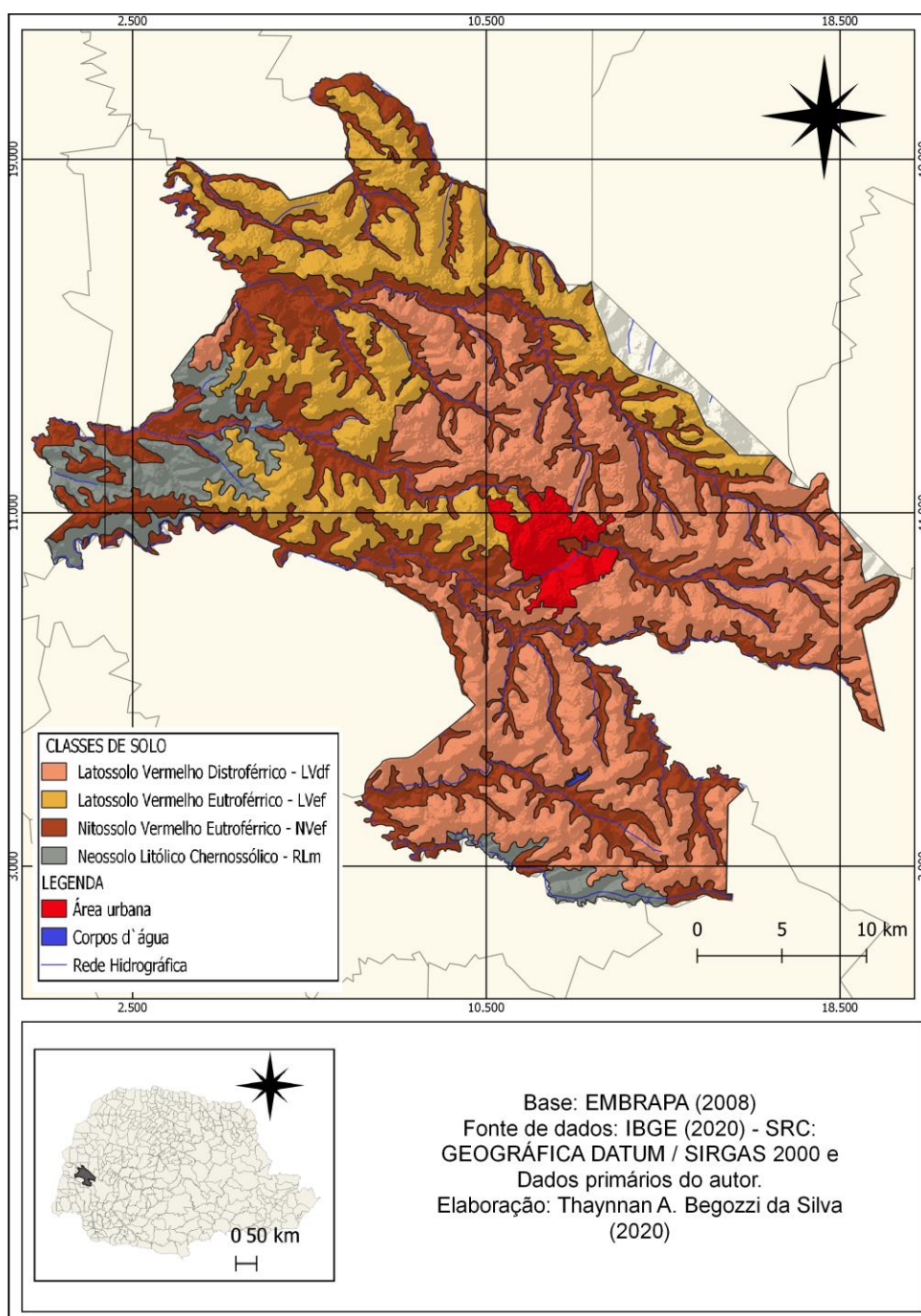
Fonte: Autoria própria (2021).

A declividade estudada tem sua maior parte plana e suave ondulada, denotando uma fragilidade muito baixa e baixa, fator que favorece o município. Os menores valores estão associados às áreas próximas aos cursos d'água e áreas de várzea, encontrados nas regiões norte, nordeste e central, razão pela qual tais áreas mostram um padrão de drenagem mais heterogêneo.

### 5.3 PEDOLOGIA (SOLOS)

Pode-se constatar a existência de três classes de solos no município de Toledo (Figura 13), identificadas conforme o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (SBCS) da EMBRAPA (2017), quais sejam: Latossolos Vermelhos (distroférricos e eutroférricos), Nitossolos Vermelhos eutroférricos, Neossolos Litólico Chernossólico.

Figura 13 - Mapa de classificação dos Solos de Toledo



Fonte: Autoria própria (2021).

As áreas de ocorrência para cada unidade pedológica são retratadas na Tabela 6. As classes de solo predominantes são os Latossolos Vermelhos (distroféricos e eutroféricos), que juntos, ocupam 58,42 % da área total.



Tabela 6 - Classes de solo Toledo

<b>Classes de fragilidade</b>	<b>Tipos de Solos</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Porcentagem (%)</b>	<b>Peso</b>
Muito Fraca	Latossolos Vermelhos	698,62	58,42	1
Média	Nitossolos Vermelhos	415,7	34,76	3
Muito Forte	Neossolos Litólico	40,32	3,37	5

Fonte: Autoria própria (2021).

Os Latossolos Vermelhos, apresentam as colorações vermelhas mais acentuadas, pois possuem teores mais altos e a presença dos óxidos de ferro no solo, nos ambientes bem drenados, são profundos e porosos (EMBRAPA, 2017). Ainda pertencentes ao grupo dos Latossolos, na área do município de Toledo, têm-se as classes de Latossolos Vermelhos distróficos e Latossolos Vermelhos eutroféricos, ocupando, juntos, uma área proporcional a 58,42% do total. Consequentemente, estão em locais com relevos planos à suave ondulado da área em estudo, facilitando sua utilização para a urbanização.

O Latossolos Distroféricos são solos de baixa fertilidade, muito profundos, argilosos ou muito argilosos e de boas condições físicas. Os eutroféricos possuem textura argilosa a moderada, são solos de alta fertilidade, apresentam altos valores de soma de bases e saturação por bases, especialmente de cálcio, que estimula o crescimento radicular em profundidade, elevando a capacidade de água disponível (EMBRAPA, 2017). Tanto distroféricos quanto eutroféricos estão em áreas agrícolas.

Nitossolos Vermelhos, de cor vermelha-escura, são argilosos, originários de rochas básicas e ultrabásicas, possuindo uma estrutura em bloco bem desenvolvida (EMBRAPA, 2017). Desconsiderando o relevo, esses solos são propícios à agricultura e florestas, porém têm baixa fertilidade e altos teores de ferro nos horizontes superficiais. Recobrem 34,76% da área total de Toledo.

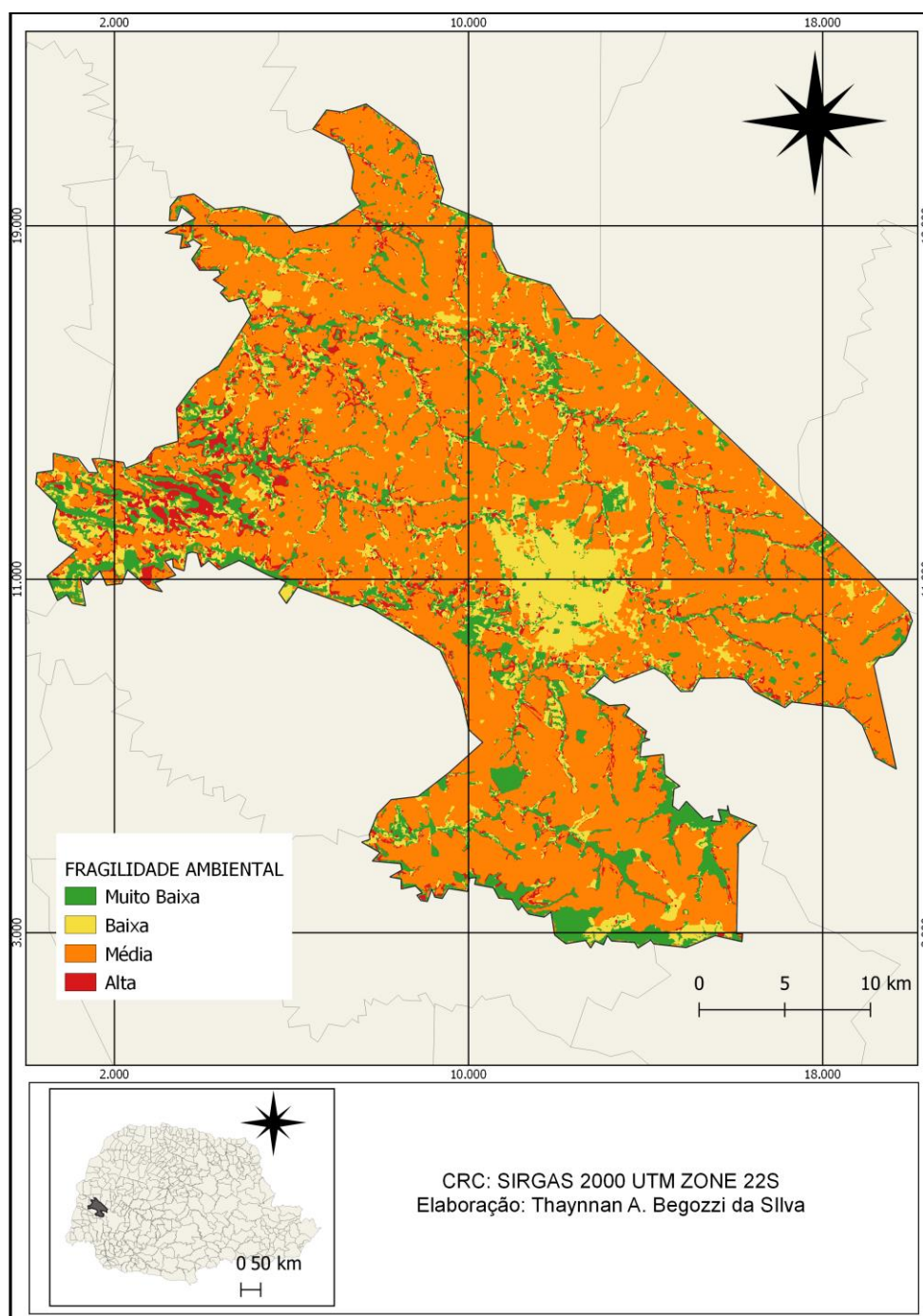
Os Neossolos Litólicos compreendem solos minerais com baixo grau de evolução pedogenética e com presença de horizonte superficial. Entretanto, são de baixa fertilidade, dependendo do local (PRONASOLOS, 2017). Na região estudada, os solos estão localizados ao oeste e ao sul, com maior altitude e declividade, contendo uma significativa quantidade de formação florestal. Normalmente, esses

solos são indicados para preservação da flora e fauna e na região, representam apenas 3,37% do total estudado.

#### 5.4 FRAGILIDADE AMBIENTAL

O mapeamento da fragilidade ambiental apresentou quatro graus de fragilidade, permitindo visualizar o predomínio de fragilidade média em maior parte da área de Toledo (Tabela 7). Áreas de baixa fragilidade potencial foram encontradas em locais com maior altitude, onde a declividade é menos acentuada com presença de Nitossolos. As áreas de alta fragilidade estão caracterizadas, principalmente, pela declividade do terreno, que são de alta e muito alta. e também pelo solo (Nitossolo Vermelho), por ser de baixa infiltração de água, podendo estar suscetível a risco de erosão, associado a relevos altos. Não foram identificadas áreas com fragilidades potenciais muito altas (Figura 14).

Figura 14 - Mapa de Fragilidade Ambiental



Fonte: Autoria própria (2021).

Tabela 7 - Áreas ocupadas pelas classes de fragilidade distribuídas na área total de Toledo

<b>Graus de Proteção</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>% do total</b>
1- Muito Baixa	16.056	13,53
2 - Baixa	15.364,78	12,94
3 - Média	79.554,33	67,00
4 - Alta	7.749,46	6,53

Fonte: Autoria própria (2021).

Grande parte do território de Toledo foi caracterizado como de média fragilidade, e representa de 67% da área total, com maior extensão de áreas agrícolas. Essa área pode ser utilizada para plantio e ocupação, contanto que seja feito o manejo correto do local. As áreas ocupadas pelas classes de fragilidade muito baixa e baixa ocupam, juntas, 27,42% da área total de Toledo e 6,63% fica atribuído para classe alta.

As características dos fatores físicos e antrópicos da susceptibilidade ambiental natural da região de Toledo, estão definidas pela declividade e os tipos de solo, fazendo com que o uso da terra seja o fator de maior peso de ponderação.

Áreas com uma fraca e média fragilidade ambiental possuem uma quantidade mais significativa de Latossolo Vermelho, em consequência, uma estabilidade maior, com menor risco as obras urbanas. Por possuírem solos bem drenados, isso facilita a infiltração da água, o que diminui os riscos de alagamentos e enchentes.

As áreas classificadas como de muito baixa fragilidade ocupam 13,53% da área total de Toledo. Estão associadas com a classificação Formação Florestal e Florestas Plantadas (vegetação natural, mata ciliar, plantio de eucalipto e pinus) e aos Nitossolos (NVef). Estas regiões a declividade predominante são baixas (6-12%) e média (12-20%). De acordo com Ross (1994), essas áreas são apontadas com um grau de proteção de muito alto e alto, pois possuem influência na ponderação dos pesos, em que o uso da terra recebeu o maior valor.

Nas áreas de urbanização, a presença dos Latossolos (LVAd) e Nitossolos (NVef) e regiões com índices maiores de declividade do terreno, também contribuíram com o processo de fragilidade. Embora estes tipos de solos sejam considerados de baixa e média fragilidade, pouco susceptíveis à erosão, tais áreas



são influenciadas pela ocupação da terra presente sobre eles (SILVEIRA; CUNHA, 2010). O mesmo ocorre nas áreas de agricultura.

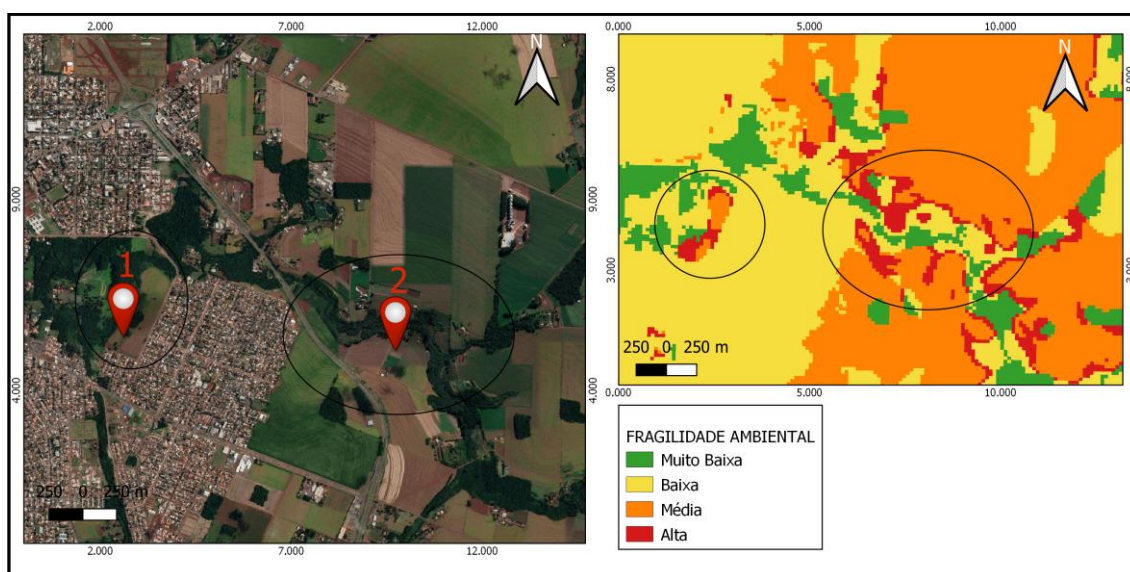
As alterações na cobertura da terra, provocadas pelo cultivo de culturas agrícolas e pecuárias, deixam o solo exposto com mais frequência. A exposição e compactação do solo através da diminuição do grau proteção, comparadas com a proteção onde existia vegetação, causam escoamento superficial, que pode resultar em erosão. Nesse sentido, as áreas tornam-se muito fragilizadas, passando de seu estado natural estável para o antrópico instável (AMARAL; ROSS, 2009). Como consequência dos processos erosivos, pode-se perder as matas ciliares, havendo, assim, a contaminação dos corpos d'água.

Matas ciliares são formações vegetais encontradas nas margens dos rios, lagos, córregos, nascentes e represas. Consideradas pelo Código Florestal Federal como 'área de preservação permanente', que, se mantida, proporciona funções ambientais, como melhorias na qualidade da água (RICARDO, 2008). Precisa-se respeitar uma extensão específica conforme varia a largura do rio, represa, lago ou nascente, não permitindo a exploração econômica direta, segundo o Código Florestal, Lei nº12.651/12, deve-se manter esta área e, caso esteja degradada, deve-se prever recuperação momentânea.

As áreas de alta fragilidade representam 6,53% do total investigado, sendo 7.749,46m<sup>2</sup> de área. Estão caracterizadas, principalmente, pela declividade do terreno, que são de alta e muito alta, em alguns locais com mais de 30% de inclinação, e também pelo solo (Nitossolo Vermelho), por ser de baixa infiltração de água, podendo estar suscetível a risco de erosão, associado a relevos altos.

Para melhor visualização, verificou-se alguns pontos isolados com alto grau de fragilidade, associados a presença do uso do solo exposto e a alta declividade, sendo necessário a realização de critérios que assegurem a estabilidade e proteção das áreas, observados a seguir.

Figura 15 - Localização da área de fragilidade ambiental



Fonte: Adaptado de Google Earth (2010).

Os pontos 1 e 2 estão abrangendo as coordenadas geográficas  $24^{\circ}44'07''S$  e  $53^{\circ}42'48''W$  para o ponto 1, e  $24^{\circ}43'46''S$  e  $53^{\circ}41'55''W$  para o ponto 2. São exemplos de locais com declividade ondulada (12-20%), de Nitossolo Vermelho possuindo uma baixa taxa de infiltração de água com alto risco de erosão, ambos classificados como de alta fragilidade o que impossibilita urbanização, como observados a seguir.



Figura 16 - Vista superior da localização 1: área com alta fragilidade ambiental



Fonte: Adaptado de Google Earth (2010).

Figura 17 - Área classificada como de alta fragilidade ambiental



Fonte: Autoria própria (2021)



Figura 18 - Vista superior da localização 2: área com alta fragilidade ambiental



Fonte: Adaptado de Google Earth (2010).

Figura 19 - Área classificada como de alta fragilidade ambiental

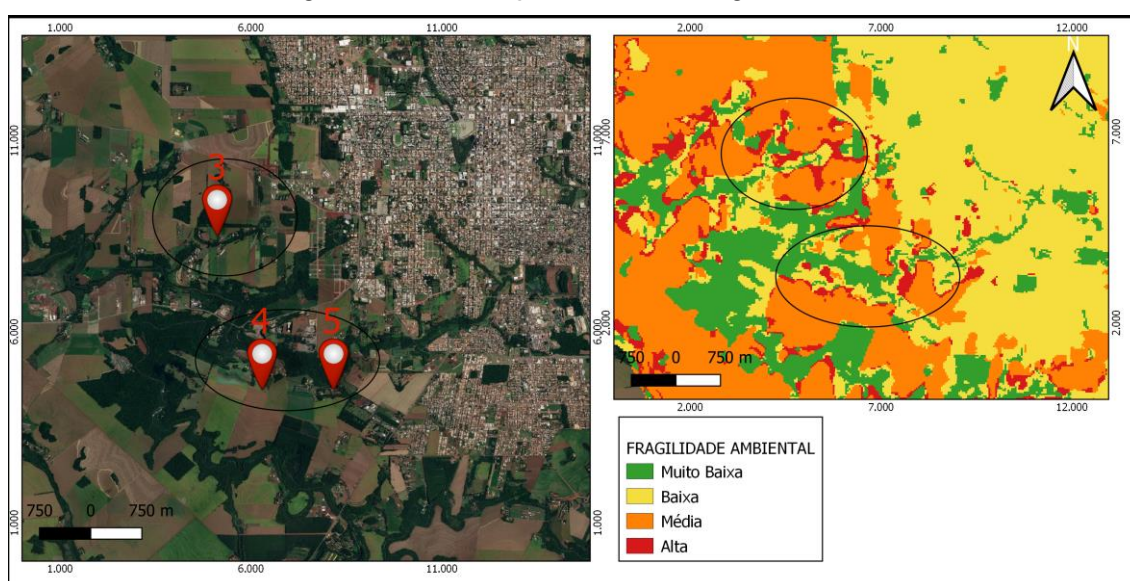


Fonte: Autoria própria (2021).

Fica evidente que os locais com alta fragilidade ambiental estão presentes na região onde o solo se encontra exposto e desprotegido, essas áreas não obtiveram devidas recuperações e proteções do solo, resultando em alta fragilidade para essas regiões.

Em uma outra área avaliada (Figura 20), localizada em meio a uma região com presença de vegetação e com seu entorno áreas agrícolas demonstrou índice de fragilidade considerada forte em algumas áreas.

Figura 20 - Localização da área de fragilidade ambiental



Fonte: Adaptado de Google Earth (2010).

Os pontos 3, 4 e 5 compreende as coordenadas geográficas  $24^{\circ}44'00''S/53^{\circ}46'17''W$  para o ponto 3,  $24^{\circ}45'21''S/53^{\circ}45'77''W$  para o ponto 4 e  $24^{\circ}45'21''S/53^{\circ}46'23''W$  para o ponto 5. Essas áreas também apresentam ocorrência de uma média declividade (12-20%), com Nitossolo Vermelho, como pode observar nas Figuras 21, 22, 23, 24, 25 e 26 a seguir.



Figura 21 - Vista superior da localização 3: área com alta fragilidade ambiental



Fonte: Adaptado de Google Earth (2010).

Figura 22 - Área classificada como de alta fragilidade ambiental



Fonte: Autoria própria (2021).



Figura 23 - Vista superior da localização 4: área com alta fragilidade ambiental



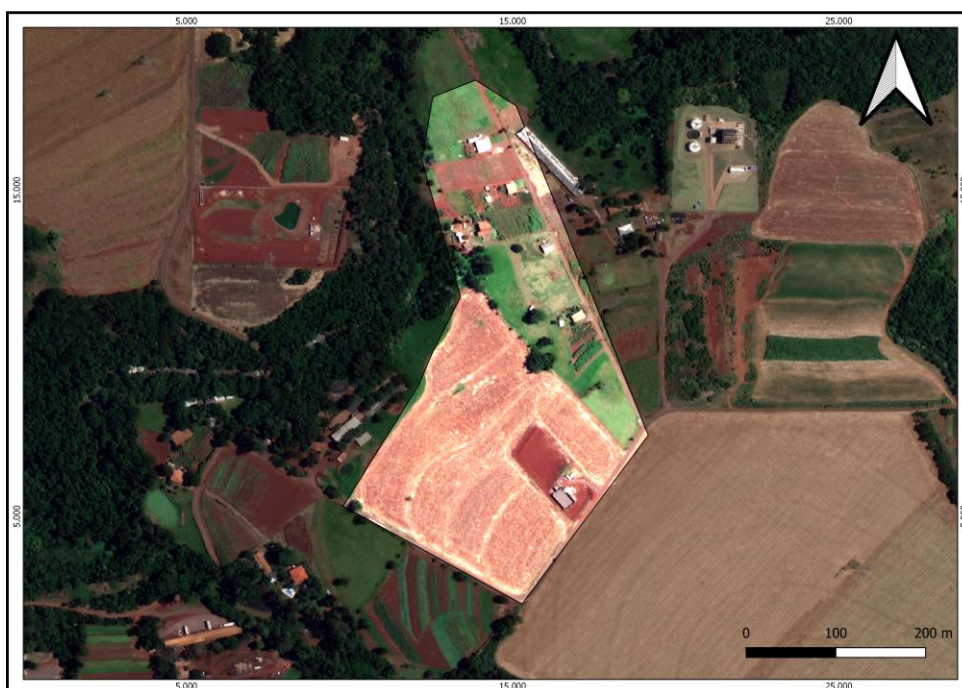
Fonte: Adaptado de Google Earth (2010).

Figura 24 - Área classificada como de alta fragilidade ambiental



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 25 - Vista superior da localização 5: área com alta fragilidade ambiental



Fonte: Adaptado de Google Earth (2010).

Figura 26 - Área classificada como de alta fragilidade ambiental



Fonte: Autoria própria (2021).

Conhecendo os locais de baixa, média e alta fragilidade ambiental é possível identificar as áreas de restrição a expansão urbana, ou seja, locais considerados de alta fragilidade ambiental são considerados de alta restrição a urbanização, locais de



média e baixa fragilidade possuem, respectivamente, média e baixa restrição a urbanização

## 5.5 PROPOSTA DE NOVA EXPANSÃO URBANA

O perímetro urbano é a marcação dos limites territoriais entre uma área urbana e área rural de cada município. As leis do plano diretor, a exemplo da lei de uso e ocupação do solo, parcelamento do solo urbano, lei do zoneamento e o código de obras, são correntes somente nas áreas delimitadas por este perímetro.

A expansão urbana é um seguimento arquitetado com atuação de agentes públicos e privados, como as legislações urbanas, a gestão pública, o mercado imobiliário. A gestão pública deve direcionar o mercado imobiliário a atuar conforme a legislação e por meio do planejamento urbano, considerando os interesses coletivos e não os individuais e mercadológicos (LEONELLI; CAMPOS, 2018).

Segundo o Plano Diretor Municipal (2019), as áreas vazias atuais ocupam cerca de 28% da área estudada e suportam o aumento populacional previsto. Estes vazios podem ter outros tipos de usos, conseqüentemente, em Toledo, poderão ocasionar um crescimento acima do previsto. Para uma expansão, deve-se atentar às condições geotécnicas do município (declividade, hipsometria) e às recomendações do Ministério Público, no documento 'Ofício 413/2019' (PLANO DIRETOR MUNICIPAL DE TOLEDO, 2019).

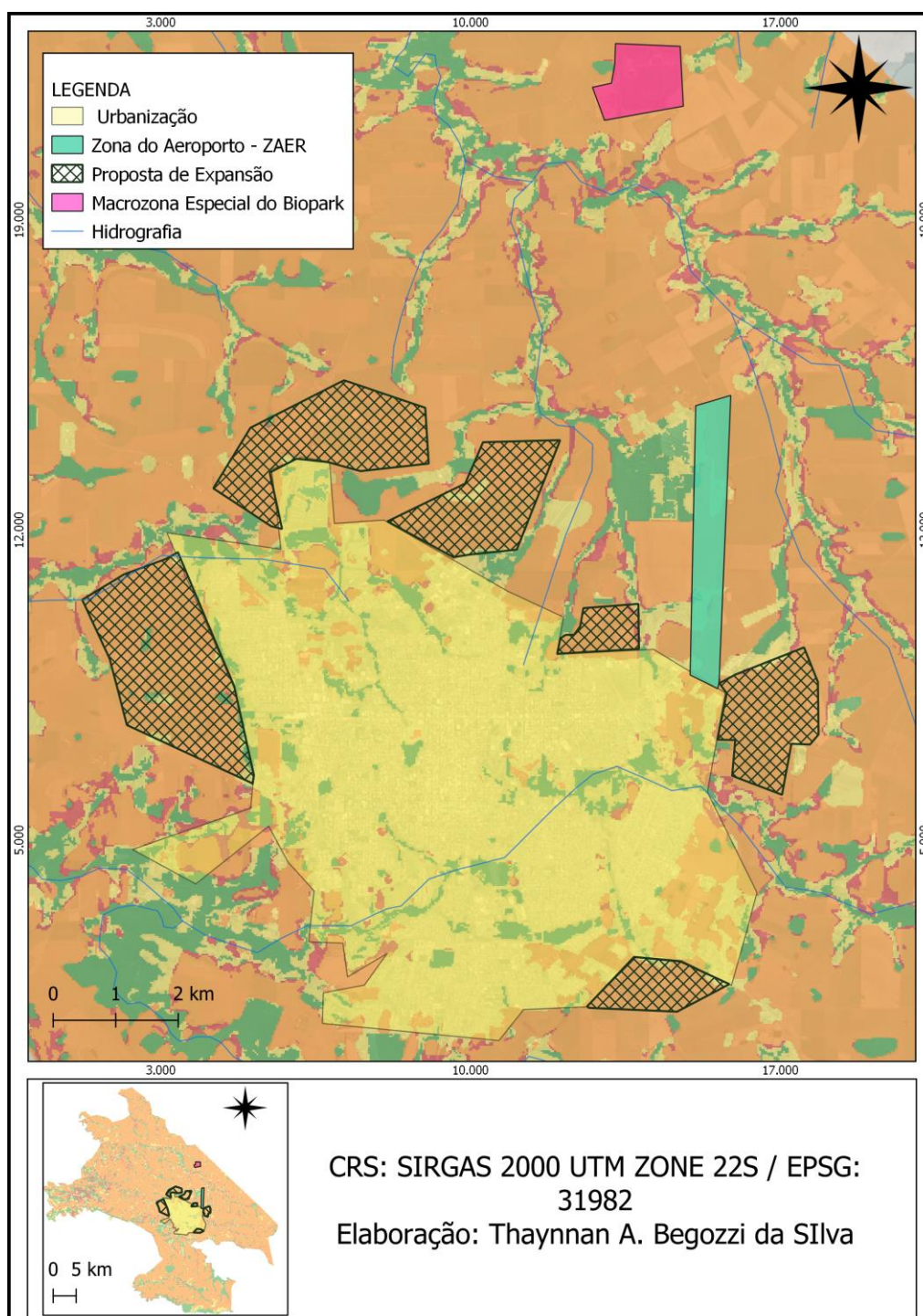
Toledo possui 12 áreas urbanas: a sede, dez distritos e o empreendimento do Biopark, que teve seu entorno recentemente nomeado como um novo zoneamento de Toledo. Grande parte da área do município é apropriada para expansão, porém outros fatores característicos ao planejamento de expansão devem ser considerados além de ambientais, como fatores de ordem geográficos e técnicas.

Para a elaboração de proposta para expansão urbana de Toledo, levou-se em consideração, além do mapeamento da fragilidade ambiental, (Figura 14), as diretrizes do plano diretor do município e as leis ambientais, como o código florestal, o que possibilitou a indicação de possíveis de áreas de expansão urbana da área de estudo, conforme demonstrado na Figura 27.

Existem áreas urbanas se expandindo e ocupando partes de alta fragilidade ambiental, sinalizadas no mapa de fragilidade pela cor vermelha. Estas áreas precisarão de precaução, por apresentarem mais riscos ambientais, devido à

drenagem inadequada, o que torna o contexto propício a enchentes, que, conseqüentemente, afetam a estabilidade do solo. Por esse motivo, o processo de conservação do solo, o estabelecimento de uma boa rede de drenagem e o monitoramento dessas áreas propiciará uma melhor qualidade de vida para população.

Figura 27 - Proposta para expansão urbana de Toledo



Fonte: Autoria própria (2021)

Para a proposta de expansão, foram priorizadas as áreas ao entorno dos limites urbanos, desde que fossem de fragilidade baixa e média, com fácil acesso, sendo previstos menores gastos públicos para esta finalidade e impedindo a especulação imobiliária, que ocorre quando existem vazios urbanos. Evitou-se as

áreas que estivessem com vegetação desenvolvida e áreas próximas a corpos hídricos.

O mapa apresenta uma proposta de direção para áreas permitidas de expansão, sem que se afete a vulnerabilidade da área. A nova expansão seria ao norte, oeste e sudeste do município, pois são áreas com maior predominância de solos estáveis (Latosolo Vermelho), relevo classificado com fragilidade baixa e baixa declividade (0-6% e 6-12%). As áreas com proposta de expansão foram conceituadas como apropriadas pelas suas condições geológicas, por possuírem acessos e serem próximas de áreas urbanas consolidadas.

Não se recomenda as áreas de forte e média fragilidade, pois possuem áreas com moderada suscetibilidade geopedológica, com Neossolos Litólico e Nitossolos Vermelhos sobre terrenos, maior grau de declividade, ente 12% a 30%, e próximos a cursos d'água. Estes solos são desfavoráveis à ocupação urbana e, devido a condições de instabilidade geotécnica, denotam a essas áreas um caráter de inaptidão à ocupação urbana. Tais locais devem ser protegidos.

Destaca-se que as áreas classificadas como de muito baixa fragilidade ambiental, são áreas com vegetação natural e florestas plantadas. Essas áreas são consideradas com restrições e inaptas à expansão urbana. Faz parte do novo Código Florestal de 2012, a Lei 12.651, de 25 de maio de 2012, que determina normas sobre a Proteção da Vegetação Natural, incluindo Áreas de Preservação Permanente, de Uso Restrito e de Reserva Legal e a exploração florestal, o fornecimento de matéria-prima florestal, o manejo da origem dos objetos florestais e a prevenção dos incêndios florestais.

Art. 1º- A. Esta Lei estabelece normas gerais sobre a proteção da vegetação, áreas de Preservação Permanente e as áreas de Reserva Legal; a exploração florestal, o suprimento de matéria-prima florestal, o controle da origem dos produtos florestais e o controle e prevenção dos incêndios florestais, e prevê instrumentos econômicos e financeiros para o alcance de seus objetivos (CÓDIGO FLORESTAL BRASILEIRO, 2012, p. 1).

Foram priorizadas áreas com média fragilidade ambiental, caracterizadas por solo agrícola, evitando a área de florestas naturais, que contém vegetação mais desenvolvida, e também áreas próximas ao aeroporto municipal. Evita-se a urbanização em áreas próximas ao aeroporto da cidade, pois localiza-se em uma

região mais afastada por questões de infraestruturas urbanas como o saneamento básico, e da lei vigente no Plano Diretor do município (LEI da zona do aeroporto):

Macrozona de Aproximação Aeroportuária, área com restrições relativas às implantações que possam influenciar as operações aéreas (PLANO DIRETO TOLEDO, 2019, p. 32).

A Lei nº 2.233/2016 dispõe sobre o zoneamento do uso e da ocupação do solo urbano no Município de Toledo, possuindo como objetivos, segundo o artigo 3, disciplinar a localização de atividades no Município, onde possa garantir qualidade ambiental e de vida à população; também são atribuídos a responsabilidade de definir zonas, adotando-se como critério básico seu grau de urbanização e características de uso atual, estabelecer padrões adequados de densidade na ocupação do território, a fim de garantir melhor qualidade de vida, ordenar o espaço construído, para assegurar a qualidade morfológica da paisagem urbana, seus valores naturais, culturais e paisagísticos e orientar o crescimento da cidade visando a minimizar os impactos sobre áreas ambientalmente frágeis, entre outros.

O artigo 21 desta mesma lei, segundo o Zoneamento do Uso e da Ocupação do Solo, objetiva a ordenação do território e o desenvolvimento urbano, seguindo critérios urbanísticos e ambientais desejáveis estabelecidos pelo Plano Diretor, como divisão das áreas urbanas do Município em zonas de usos e ocupações distintos, segundo os critérios de usos predominantes, de aglutinação de usos afins e separação de usos conflitantes.

Além disso, a lei 1.788/1996, do município de Toledo, dispõe sobre a política de proteção ambiental. O artigo 6, inciso IV, ressalta que a política ambiental deve assessorar os órgãos da administração municipal na elaboração e na revisão do planejamento local quanto aos aspectos ambientais, ao controle da poluição, à expansão urbana e à proposta para criação de novas unidades de conservação e de outras áreas protegidas.

Portanto, os mapas temáticos e as cartas de fragilidade ambiental podem contribuir com os planejamentos e desempenho dos objetivos descritos e propostos no Plano Diretor da cidade, além de ser uma ferramenta visível para o ordenamento territorial, auxiliando o corpo técnico e a compreensão da população.

## 6 CONCLUSÕES

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIGs), por meio do aplicativo QGIS 3.14, demonstraram eficácia na análise teórica da fragilidade ambiental, atestando a possibilidade de aplicação deste método em estudos de planejamento urbano e ambiental, em adequação à metodologia proposta por Ross (1994).

O mapeamento de fragilidade ambiental na área de estudo possibilitou analisar as compatibilidades das características naturais e dos impactos antrópicos. A integração dos fatores uso da terra, declividade e solos foram satisfatórios para a elaboração do mapa final de fragilidade ambiental.

O mapeamento do uso e ocupação do solo foi primordial para verificar que existe o crescimento da área urbana, mesmo a área agrícola apresentar maior índice nos dois anos distintos (2000 e 2010). Toledo apresentou as cinco classes de declividade, sendo em sua maior significância a classe Baixa, e em menor a classe Muito Alta. Obtiveram-se três classes de solos diferentes no município de Toledo, sendo elas: Latossolos Vermelhos (distroféricos e eutroféricos), Nitossolos Vermelhos eutroféricos, Neossolos Litólicos, onde o maior índice de fragilidade se deu aos locais que possuíam os Nitossolos.

A análise da fragilidade ambiental representou um importante instrumento ao planejamento urbano, pois foram constatados pontos frágeis, que fornecerão subsídios à análise de expansão.

Toledo apresentou elevados índices de fragilidade, de sua maior totalidade média com 67% da área total estudada e a alta com 6,53% devido em sua maior significância o uso do solo, ocupados pelas áreas de plantio agrícola. Áreas classificadas como Muito Baixa (13,53%) e Baixa (12,94%) são as que possuem cobertura florestal (matas ciliares, pinus, eucalipto) e áreas fragmentadas.

Em relação à expansão, verificou-se que houve um crescimento expressivo entre os anos de 2000 a 2010. A expansão da ocupação urbana está concentrada em áreas periféricas, ainda desprovidas de infraestruturas, demandando investimentos do poder público.

Ao comparar o mapeamento de fragilidade ambiental com o mapa de expansão urbana, foi possível verificar que existem áreas urbanizadas em locais considerados com restrição a urbanização. Porém, o crescimento urbano, em sua

maioria, está ocorrendo de maneira adequada, ou seja, em locais considerados como de fragilidade muito fraca, fraca ou média.

Grande parte da área urbana encontra-se em locais com fragilidade fraca, sendo, portanto, de baixa restrição à urbanização. Apenas uma pequena parcela situa-se em áreas de fragilidade média e forte, próxima a corpos hídricos. Em tais áreas, deve-se ter uma atenção maior no que se refere à preservação do uso e ocupação do solo.

Por fim, a presente investigação indica áreas de expansão urbana, com áreas de baixa fragilidade, a fim de recomendar um crescimento urbano ordenado, sem que o meio físico original seja muito afetado e se torne problemático, com risco para a população.

Estes mapeamentos possibilitaram uma melhor compreensão das fragilidades e potencialidades da área do município, possibilitando uma ordenação territorial eficiente e uma conservação dos recursos da natureza, proporcionando o desenvolvimento sustentável. Portanto, pode-se concluir que esta pesquisa poderá contribuir para o planejamento urbano e ambiental da cidade de Toledo.

## REFERÊNCIAS

AJARA, C. A abordagem geográfica: suas possibilidades no tratamento da questão ambiental. In: MESQUITA, O. V.; SILVA, S. T. (Org.). **Geografia e questão ambiental**. IBGE: Rio de Janeiro, 1993.

AMARAL, R.; ROSS, J. L. S. As unidades ecodinâmicas na análise da fragilidade ambiental do Parque Estadual do Morro do Diabo e entorno, Teodoro Sampaio/SP. **GEOUSP**, São Paulo, n. 26, p. 59-78, 2009.

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, Hidrografia e Sub-bacias: **Águas Paraná**. 2015. Disponível em: <https://dadosabertos.ana.gov.br/datasets/10480692111f443bb5a38d9bb156851f/ explore>. Acesso em: 22 abr. 2020.

ARONOFF, S. **Geographical information System: a management perspective**. Ottawa: WDL Publications, 1992.

Bezerra, M. C. L. **Preservação ambiental e planejamento da expansão urbana: o caso do município de Toledo, PR**. Banco Interamericano de Desenvolvimento, 2013.  
CAMAGNI, R. **Economia Urbana**. Antoni Bosch - Manoel Girona: Barcelona ed., 2005.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos, INPE, 2001. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/livro>. Acesso em: 05 jul. 2019.

CAMPOS, S. M. **O processo de industrialização numa fronteira agrícola: o caso de Toledo - PR**. 2007. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento regional e do Agronegócio) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2007.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO - CMMAD. **Nosso futuro comum**. 2. ed. Tradução de "Our common future". 1988. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1991.

CRUZ, L. M.; PINESE JÚNIOR, J. F.; RODRIGUES, S. C. Abordagem Cartográfica da Fragilidade Ambiental na Bacia Hidrográfica do Glória, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 4, n. 62, p. 1-15, 2010.

EASTMAN, J. R.; JIN, W.; KYEM, P. A. K.; TOLEDANO, J. Raster procedures for multi-criteria/multi-objective decisions. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, [s. l.], n. 61, p. 539-47, 1995.

EMBRAPA, 2017. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa, **Mais de 80% da população brasileira habita 0,63% do território nacional**. 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/28840923/mais-de-80-da-populacao-brasileira-habita-063-do-territorio-nacional>. Acesso em: 22 abr. 2020.



EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006. 306 p.

GAGLIARDI, C. M. R. **O lugar do turismo nas políticas de requalificação urbana: o caso do centro histórico de Gênova, Itália**. IX Seminário da Associação Nacional Pesquisa e Pós-Graduação em Turismo – Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2012.

GONZATTO, M. C. **História das indústrias comunitárias de Toledo**, Toledo: FININVEST, 1985.

GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ. **Secretaria de Estado da Fazenda**, 2012. Disponível em: <https://www.fazenda.pr.gov.br/busca?termo=-Produ%25C3%25A7%25C3%25A3o-Agropecu%25C3%25A1ria>- Acesso em: 28 abr. 2021.

HARVEY, D. Do gerenciamento ao empresariado urbano. **Revista Espaço & Debates**, São Paulo, v. 16, n. 39, p. 48-64, 1996.

IBGE - **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro, RJ – Brasil. IBGE. **População Censitária do Paraná**, 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pr/toledo.html>. Acesso em: 20 jan. 2020.

INSTITUTO GEOEDUC. **Guia Definitivo do Google Earth – Qualificação sem Fronteiras**, 2017. 21 p. Disponível em: [http://www.geoeduc.com/arquivos/materiais/guia\\_definitivo\\_google\\_earth.pdf](http://www.geoeduc.com/arquivos/materiais/guia_definitivo_google_earth.pdf). Acesso em: 29 abr. 2020.

IPARDES. **Paraná em números**. 2016. Disponível em <http://www.ipardes.pr.gov.br/Pagina/Parana-em-Numeros>. Acesso em: 16 nov. 2019.

KAWAKUBO, F. S, MORATO, R. G, CAMPOS K. C, LUCHIARI, A. ROSS, J. L. S. Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando o geoprocessamento. **Anais...** XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento remoto, 2005, Goiânia, Brasil, 2005, INPE, p. 22203-2210.

LEONELLI, G. C. V; CAMPOS, E. F. R. Leis expansivas para a expansão urbana: Campinas sem limites. Urbe. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, [s.l.], p.1-13, 30 jul. 2018.

LERNER, D. N.; HARRIS, B. The relationship between land use and groundwater resources and quality. **Land Use Policy**E. Elsevier, v. 26, n. 1, p. 265–273, 2009. MEDEIROS, J. S.; CÂMARA, G. **Geoprocessamento para projetos ambientais**. São José dos Campos: INPE, 1996.

MICHELOTTO, L, D, G, **Expansão Urbana e Sustentabilidade: análise do Setor Leste de Uberlândia**, M. Minas Gerais 2014. Dissertação (Mestrado em Geografia), Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, 2014. 164 f.

MONTEIRO, C. A. F. A questão ambiental na geográfica do Brasil: a propósito da validade, espacialização e pesquisa universitária. **Cadernos Geográficos**, [s. l.], v. 1, n. 5, p. 23-45, 2003.

NAHAS, M. I. P. **Bases teóricas, metodologia de elaboração e aplicabilidade de indicadores intraurbanos na gestão municipal da qualidade de vida urbana em grandes cidades: o caso de Belo Horizonte**. 2002. Tese (Doutorado no Programa de Ecologia e Recursos Naturais). Universidade Federal de São Carlos. São Carlos: UFSCar/Centro de Ciências Biológicas e da Saúde. 373 p.

NASCIMENTO, P. S. **Impactos Socioambientais em Áreas de Expansão Urbana de Barreiras (Bahia): Análises Consolidadas**. Simpósio Nacional de Geografia Urbana. Centro de Ciências Humanas e Naturais da UFES, 2019.

PEREIRA, R.V. **Análise de Fragilidade Ambiental a processos erosivos no município de Campos Gerais – MG**. Dissertação (Mestrado no Programa de Pós Graduação em Geografia). Universidade Federal de Juiz de Fora, 2014. 94 p.

PIACENTI, C. A. **Economia e desenvolvimento regional**. Foz do Iguaçu: Parque Itaipu, 2016. 204 p.

Plano de controle ambiental, Instituto Água e Terra – IAT. Relatório Ambiental Simplificado, 2015. Disponível em: [http://www.iat.pr.gov.br/sites/agua\\_terra/arquivos\\_restritos/files/documento/202007/toledo\\_energia\\_cgh\\_sao\\_francisco.pdf](http://www.iat.pr.gov.br/sites/agua_terra/arquivos_restritos/files/documento/202007/toledo_energia_cgh_sao_francisco.pdf). Acesso em: 15 fev. 2021.

PLANO DIRETOR MUNICIPAL TOLEDO /PR, 2019. Disponível em: [https://www.toledo.pr.gov.br/sites/default/files/rpdm\\_toledo\\_-\\_fase\\_ii\\_-\\_17-09-19\\_reduz.pdf](https://www.toledo.pr.gov.br/sites/default/files/rpdm_toledo_-_fase_ii_-_17-09-19_reduz.pdf). Acesso em: 12 jun. 2021.

PORTILLO, J. E.; EIPHANIO, J. C. N.; GÜRTLER, S.; LUIZ, A. J. B. Evolução da superfície cultivada com as principais culturas agrícolas em Guará, Ipuã e São Joaquim da Barra-SP, via imagens de satélite. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 2003, Belo Horizonte. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2003. Artigos, p. 215-222. CD-ROM, On-line. Disponível em: [http://marte.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.18.22.15/doc/01\\_428.pdf](http://marte.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.18.22.15/doc/01_428.pdf). Acesso em: 30 maio 2008.

PREFEITURA MUNICIPAL DE TOLEDO. **Toledo em números**, 2021. Disponível em: <https://www.toledo.pr.gov.br/portal/cidade-conheca-toledo/toledo-em-numeros>. Acesso em: 22 jun. 2021.

PRONASOLOS. **Neossolos Litólico do Subplanalto**. Cascavel, 2017. Disponível em: <http://www.pronasolos.pr.gov.br/pagina-14.html>. Acesso em: 01 ago. 2019.

RICARDO, V. P. **Projeto de Recuperação das Matas Ciliares**. 2008. Monografia (Curso de Administração), Faculdade Centro Paulista de Ibitinga. Ibitinga, 2008.

ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento – Tecnologia Transdisciplinar**. Juiz de Fora, MG: Ed. Do Autor, 2000, 220 p.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do departamento de geografia**. [s. l.] v. 8, n. 23, p. 14-27, 1994.

ROSS, J. L. S. **Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados**. Revista do Departamento de Geografia. V.8, São Paulo, 1994.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo, v. 1, n. 6, p. 17-29, 1992.

SANTOS, A. B; PETRONZIO, J. A. C. Mapeamento de uso e ocupação do solo do município de Uberlândia-MG utilizando técnicas de Geoprocessamento. Universidade Federal de Uberlândia- Instituto de Geografia. **Anais... XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE, p. 6185.

SANTOS, H. G. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed., Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SANTOS, J. O. **Fragilidade e riscos socioambientais em Fortaleza - CE: contribuições ao ordenamento territorial**. 2011. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia Física, Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. 331 f. Disponível em: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-30032012-131857/publico/2011\\_JaderdeOliveiraSantos\\_VRev.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-30032012-131857/publico/2011_JaderdeOliveiraSantos_VRev.pdf). Acesso em: 18 ago. 2020.

SANTOS, M. A urbanização brasileira. São Paulo: HUCITEC, 1993.

SCHIAVO, B. N. V.; HENTZ, A. M. K.; DALLA CORTE, A. P.; SANQUETTA, C. R. Caracterização da fragilidade ambiental de uma bacia hidrográfica urbana no município de Santa Maria – RS. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria**, v. 20, n. 1, p. 464–474, jan./abr. 2016.

SCHUELER, T.; FRALEY-MCNEAL, L.; CAPPIELLA, K. Is Impervious Cover Still Important? Review of Recent Research. **Journal of Hydrologic Engineering**, v. 14, n. 4, p. 309-315, 2009.

SILVA, J. X. da; ZAIDAN, R. T. **Geoprocessamento e análise ambiental: aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

SILVA, L. S.; TAVARES, L. **Problemas ambientais urbanos: desafios para elaboração de políticas públicas integradas**. Cadernos Metrópole USP: São Paulo, 2008.

SILVEIRA, A; CUNHA, C.M.L. da. Análises empírica da fragilidade ambiental em área de expansão urbana: o caso do setor noroeste do sítio urbano de Piracicaba (SP). **Revista Geografia**, v.35, n.3, Rio Claro, UNESP, 553-572 p., 2010.

SMITH, N. Gentrificação, a fronteira e a reestruturação do espaço urbano. Tradução: Daniel de Mello Sanfelici. In: **Espaço e Tempo**. São Paulo, n. 21, p. 15-31, 2002.

SOLERA, M. A. **Plano Diretor de Toledo: Zoneamento Urbano, Especulação Imobiliária e Expansão Urbana**. Produção Didático-Pedagógica apresentada ao PDE - Programa de Desenvolvimento Educacional. Para o curso de Geografia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, Campus de Marechal Cândido Rondon, 2013.

SPORL, C. **Metodologia Para Elaboração de Modelos de Fragilidade Ambiental Utilizando Redes Neurais**. 2007. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

SPOSITO, Maria Encarnação B. **Capitalismo e urbanização**. 7ª ed. São Paulo: Contexto, 2003.

STAMM, C; STADUTO, J, A, R. Movimentos pendulares das cidades interioranas de porte médio de Cascavel e Toledo, no Paraná. **Rev. Bras. Est. Pop.**, São Paulo, v. 25, n. 1, p.131-149, jan/jun. 2008.

TOLEDO, **Conhecendo Toledo, o nosso município**, 2016. Disponível em: [http://www.toledo.pr.gov.br/sapl/sapl\\_documentos/norma\\_juridica/9427\\_texto\\_integral](http://www.toledo.pr.gov.br/sapl/sapl_documentos/norma_juridica/9427_texto_integral). Acesso em: 18 ago. 2019.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro:IBGE, Superintendência de Recursos Naturais e Meio Ambiente – SUPREN. Secretaria de planejamento da Presidência da República, 1977.

VASCONCELOS, L. Urbanização: Metrôpoles em movimento 2006. **Revista Desafios do Desenvolvimento – IPEA**, v. 2, n. 22, p. 15-29, 2006.

VOLK, L. B. S.; COGO, N. P.; STRECK, E. V. Erosão hídrica influenciada por condições físicas de superfície e subsuperfície do solo resultantes do seu manejo, na ausência de cobertura vegetal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s. l.], v.1, n. 28, p. 763-774, 2004.

WEATHER SPARK, **Condições meteorológicas médias de Toledo**, 2016. Disponível em: <https://pt.weatherspark.com/y/29580/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Toledo-Brasil-durante-o-ano> Acesso em: 11 out. 2020.