

Trabalho de Graduação

Curso de Graduação em Geografia

**ANÁLISE DA SUSCETIBILIDADE À EROSÃO LINEAR NO PERÍMETRO URBANO  
DE RIO CLARO (SP)**

Vanessa Domingues

Prof<sup>ª</sup>. Dra. Andréia Medinilha Panher (orientadora)

Rio Claro (SP)

2021

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
Instituto de Geociências e Ciências Exatas  
Câmpus de Rio Claro

VANESSA DOMINGUES

ANÁLISE DA SUSCETIBILIDADE À EROSÃO LINEAR NO  
PERÍMETRO URBANO DE RIO CLARO (SP)

Trabalho de Graduação apresentado ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, para obtenção do grau de Bacharel em Geografia.

Rio Claro - SP  
2021

D671a Domingues, Vanessa  
Análise da suscetibilidade à erosão linear no perímetro urbano de Rio Claro (SP) / Vanessa Domingues. -- Rio Claro, 2021  
75 f. : il., tabs., fotos, mapas

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Geografia) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro  
Orientadora: Andréia Medinilha Pancher

1. Erosão. 2. Suscetibilidade. 3. Qualidade Ambiental Urbana. 4. Sistema de Informação Geográfica. 5. Planejamento Ambiental. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

VANESSA DOMINGUES

ANÁLISE DA SUSCETIBILIDADE À EROSÃO LINEAR NO  
PERÍMETRO URBANO DE RIO CLARO (SP)

Trabalho de Graduação apresentado ao Instituto de  
Geociências e Ciências Exatas - Câmpus de Rio  
Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de  
Mesquita Filho, para obtenção do grau de Bacharel  
em Geografia.

Comissão Examinadora

---

Prof<sup>ª</sup> Dra. Andréia Medinilha Pancher (orientadora)  
IGCE/UNESP/Rio Claro – SP

---

Prof<sup>ª</sup> Dra. Cenira Maria Lupinacci  
IGCE/UNESP/Rio Claro – SP

---

Me. André Barbosa Ferreira Ribeiro  
IGCE/UNESP/Rio Claro – SP

Rio Claro, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

Assinatura do(a) aluno(a)

assinatura do(a) orientador(a)

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” por proporcionar as condições e estruturas necessárias ao aprendizado da Geografia.

Agradeço à minha orientadora, Profa. Dra. Andréia Medinilha Panher, por toda paciência, dedicação e ajuda.

Agradeço aos meus pais, Márcia e Luís, por todo amor e carinho e pelo esforço contínuo para me oferecer as melhores oportunidades da vida. Obrigada mãe, por sempre estar me acompanhando nos anos longe de casa, sempre se preocupando comigo e me apoiando em todas as decisões. Obrigada pai, por ser esse homem protetor, que faz tudo de melhor pela nossa família, e por sempre estar junto da gente.

Agradeço a minha irmã, Bruna, por ser minha melhor amiga. Por sempre estar comigo e me apoiar. Por me ajudar em todos os momentos em que eu pedi socorro. E por sempre estar disposta a me ouvir.

Agradeço ao João, meu namorado, por toda ajuda que me deu durante a graduação e por todas as coisas que me ensinou. Agradeço pelo seu companheirismo, amor, carinho e dedicação, e principalmente, por ser uma pessoa e um parceiro incrível.

Agradeço aos amigos presentes na minha vida que me ajudaram de várias formas, deixando tudo mais fácil de viver.

## RESUMO

A erosão é um processo natural que ocorre em toda a superfície terrestre e, em conjunto com outros processos naturais, é responsável pela modelagem das formas de relevo. Com o avanço da ação antrópica no meio ambiente, os processos erosivos se intensificam e passam a comprometer os principais recursos naturais terrestres, o solo e a água superficial. Portanto, a avaliação dos solos aos riscos de erosão se torna fundamental em estudos ambientais. Diante do exposto, o objetivo fundamental desta pesquisa foi analisar a suscetibilidade às erosões lineares no perímetro urbano do município de Rio Claro (SP) e como essas influenciam na qualidade ambiental urbana, com base na integração dos aspectos físico-naturais (Geologia, Pedologia e Declividade) e antrópicos (Uso das Terras), com suporte nas geotecnologias. Para isso, realizou-se um levantamento e análise da bibliografia que trata da referida temática. A base de dados do município foi organizada, elegendo-se os dados da rede de drenagem, curvas de nível, pontos cotados, limite municipal, limite do perímetro urbano, limites dos bairros e das quadras e arruamento, servindo de base para a elaboração do mapa de Declividade. Os mapas temáticos de Geologia de Loreti Jr. *et. al* (2014), e de Pedologia de Rossi (2017), foram recortados com base no perímetro urbano de Rio Claro. Para a elaboração do mapa de Uso das Terras, foi utilizado o mapa de uso da área urbanizada, de autoria de Fornazieiro (2020) e para complementar no limite do perímetro urbano, as classes foram vetorizadas com mediante à utilização dos recursos de desenho e edição do *ArcGis*. Em seguida, realizou-se a análise dos mapas temáticos, a fim de se definir os aspectos que mais influenciam no processo de erosão (em %), bem como os pesos (na escala de 1 a 5) das classes de cada mapa temático. Assim, por meio do método de Análise Multicritérios, os mapas temáticos das características físicas e antrópicas foram integrados, a fim de se elaborar o mapa de suscetibilidade à erosão. Como resultados, foram obtidos dois mapas condizentes com a realidade, elaborados a partir da ferramenta *Weighted Overlay*, sendo um deles baseado em observações empíricas e o outro por meio do Método AHP; o primeiro evidenciou que a área estudada abrange majoritariamente a classe de “Baixa suscetibilidade”, enquanto o segundo denotou que a área se caracteriza pela classe de “Média suscetibilidade”. A fotointerpretação e os dados obtidos por meio de trabalhos de campo e do mapa dos pontos de erosão do IPT (2012) serviram para validar as informações obtidas no mapa de suscetibilidade. Os resultados obtidos nesta pesquisa poderão subsidiar a administração pública no adequado planejamento territorial, visando amenizar os processos erosivos.

Palavras-chave: Erosão. Suscetibilidade. Qualidade Ambiental Urbana.

## ABSTRACT

Erosion is a natural process that occurs throughout the Earth's surface and, together with other natural processes, is responsible for shaping the landforms. With the advance of anthropic action in the environment, erosion processes intensify and begin to compromise the main terrestrial natural resources, the soil and surface water. Therefore, the evaluation of soils against erosion risks becomes fundamental in environmental studies. In view of the above, the main objective of this research was to analyze the susceptibility to linear erosion in the urban perimeter of the city of Rio Claro (SP) and how it influences the urban environmental quality, based on the integration of physical-natural (Geology, Pedology and Slope) and anthropic (Land Use) aspects, with the support of geotechnologies. For this, a survey and analysis of the bibliography that deals with this theme was carried out. The database of the municipality was organized, choosing the data of the drainage network, contour lines, quoted points, municipal limits, urban perimeter limits, limits of the neighborhoods and of the blocks and streets, serving as a base for the elaboration of the Slope map. The thematic maps of Geology of Loreti Jr. et. al (2014), and of Pedology of Rossi (2017), were cut based on the urban perimeter of Rio Claro. For the elaboration of the Land Use map, the urbanized area use map, authored by Fornazieiro (2020), was used and to complement in the urban perimeter boundary, the classes were vectorized through the drawing and editing resources of ArcGis. Next, the analysis of the thematic maps was carried out in order to define the aspects that most influence the erosion process (in %), as well as the weights (on a scale from 1 to 5) of the classes of each thematic map. Then, through the Multicriteria Analysis method, the thematic maps of physical and anthropic characteristics were integrated in order to elaborate the erosion susceptibility map. As a result, two maps consistent with reality were obtained, elaborated using the Weighted Overlay tool, one of them based on empirical observations and the other using the AHP Method; the first one showed that the area studied comprises mostly the "Low susceptibility" class, while the second one denoted that the area is characterized by the "Medium susceptibility" class. The photointerpretation and the data obtained through field work and the map of erosion points from the IPT (2012) served to validate the information obtained from the susceptibility map. The results obtained in this research can subsidize the public administration in the adequate territorial planning, aiming to mitigate the erosive processes.

Key-words: Erosion. Susceptibility. Urban Environmental Quality.

## Lista de Figuras

Figura 1: Localização do perímetro urbano de Rio Claro – SP.....	22
Figura 2: Pedologia do Município de Rio Claro – SP.....	26
Figura 3: Geologia do município de Rio Claro - SP.....	29
Figura 4: Usos da Terra do município de Rio Claro - SP.....	30
Figura 5: Pontos de erosão cadastrados no perímetro urbano de Rio Claro.....	32
Figura 6: Comparação dos critérios segundo as prioridades.....	40
Figura 7: Resultados das prioridades.....	41
Figura 8: Ferramenta Reclassify.....	42
Figura 9: Critérios reclassificados.....	43
Figura 10: Atribuição de pesos.....	44
Figura 11: Suscetibilidade à erosão Linear no Perímetro Urbano de Rio Claro (SP).....	48
Figura 12: Suscetibilidade à erosão linear utilizando o Método AHP.....	51
Figura 13: Localização das áreas visitadas no trabalho de campo no mapa de suscetibilidade à erosão linear.....	54
Figura 14: Localização do local visitado na Vila Romana.....	55
Figura 15: Aspecto da ravina.....	55
Figura 16: Continuação da ravina.....	56
Figura 17: Ravina próxima ao condomínio.....	56
Figura 18: Sulcos erosivos.....	57
Figura 19: Localização dos pontos 2 e 3 ao longo do Córrego Jacutinga.....	57
Figura 20: Descarte de lixo no Córrego Jacutinga.....	58
Figura 21: Paredão lateral e assoreamento do córrego.....	59
Figura 22: Localização do ponto 4.....	60
Figura 23: Ravina próxima ao Córrego Sobrado.....	60
Figura 24: Zona de contato entre as Formações Rio Claro e Corumbataí.....	61
Figura 25: Evolução da Voçoroca Mãe Preta (1972 a 1995).....	62
Figura 26: Aspecto da voçoroca Mãe Preta em 2020.....	63
Figura 27: Sulcos erosivos.....	63
Figura 28: Cobertura vegetal dentro da voçoroca.....	64
Figura 29: Localização do ponto 6.....	65
Figura 30: Sulcos erosivos no local.....	65
Figura 31: Localização do ponto visitado no Córrego Conduta.....	66
Figura 32: Degrau para diminuição de energia da água.....	67
Figura 33: Processos erosivos no córrego.....	67

## Lista de Tabelas

Tabela 1: Grau de Erodibilidade e seus respectivos solos.....	35
Tabela 2: Classes de declividade e seu grau de suscetibilidade a erosão .....	36
Tabela 3: Características das amostras e aspectos de cada classe de uso na imagem .....	37
Tabela 4: Variáveis temáticas e suscetibilidade à erosão (%).....	38
Tabela 5: Pesos estabelecidos para cada componente da legenda.....	39
Tabela 6: Localização das áreas visitadas .....	53

## Sumário

1. INTRODUÇÃO .....	10
2. OBJETIVOS.....	12
2.1 Objetivo geral .....	12
2.2 Objetivos Específicos .....	12
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	22
4.1 Localização .....	22
4.2 Clima.....	22
4.3 Geomorfologia .....	23
4.4 Hidrografia.....	23
4.5 Pedologia .....	24
4.6 Geologia.....	26
4.7 Uso e Ocupação de Terras .....	29
4.8 Mapeamento do IPT.....	31
5. METODOLOGIA .....	33
5.1 Materiais .....	33
5.2 Métodos .....	34
5.2.1 Revisão Bibliográfica .....	34
5.2.2 Organização e Elaboração do Banco de Dados .....	34
5.2.2.1 <i>Mapa Geológico</i> .....	34
5.2.2.2 <i>Mapa pedológico</i> .....	35
5.2.2.3 <i>Mapa de Declividade</i> .....	35
5.2.2.4 <i>Mapa de Uso da Terra</i> .....	36
5.2.3 Análise Multicritérios .....	38
5.2.3.1 <i>Processo Analítico Hierárquico</i> .....	40
5.2.4 Mapa de suscetibilidade à erosão .....	41
5.2.5 Fotointerpretação .....	45
5.2.6 Trabalho de Campo .....	45
6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	46
6.1 Mapa de suscetibilidade.....	46
6.2 Mapa de suscetibilidade pelo Método AHP.....	49
6.3 Fotointerpretação .....	52
6.4 Trabalho de Campo.....	52
6.4.1 Bairro Vila Romana.....	55

6.4.2	Córrego Jacutinga .....	57
6.4.3	Córrego Sobrado .....	59
6.4.4	Voçoroca Mãe Preta .....	61
6.4.5	Vila Nova.....	64
6.4.6	Córrego Conduta .....	66
7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	68
	BIBLIOGRAFIA .....	70

## 1. INTRODUÇÃO

As alterações que ocorrem na superfície terrestre, naturais ou antrópicas, podem produzir impactos ambientais significativos, como a degradação da vegetação nativa e ecossistemas, alterações no regime hídrico, redução da biodiversidade, processos erosivos, entre outros. Assim, informações sobre a dinâmica no uso da terra representam um importante instrumento de planejamento ambiental e formulação de políticas ambientais coerentes e eficientes.

A erosão é um processo que ocorre em toda a superfície terrestre; é transformador e delineador da paisagem, possuindo causas naturais, mas que pode ser agravado por atividades antrópicas, acarretando prejuízos de ordem econômica, ambiental e social. A retirada da cobertura vegetal para inserção da atividade agrícola, a exploração de bens naturais e a criação e expansão de núcleos urbanos, intensificam e aceleram os processos erosivos, podendo comprometer recursos como o solo e a água superficial.

A erosão pode ser definida como um processo complexo e dinâmico no qual os solos da superfície são desagregados, transportados e acumulados. Os principais fatores responsáveis pela erosão são: o clima, topografia, características do solo e uso e cobertura da terra<sup>1</sup> (SHARMA; SINGH, 2017). A suscetibilidade a erosão pode ser descrita como a capacidade de um terreno passar pelo processo da erosão, considerando vários fatores geoambientais<sup>2</sup> (MAGLIULO, 2012).

Com o crescimento das cidades, o desmatamento e movimentos de terra para instalação de novos bairros, o solo fica exposto, sem proteção da cobertura vegetal, portanto, suscetível a processos erosivos, tornando-se fonte de sedimentos que acabam por gerar problemas de qualidade ambiental urbana, como por exemplos a contaminação de águas superficiais e subterrâneas, assoreamento, improdutividade do solo, mudança na paisagem, comprometimento das infraestruturas urbanas, entre outros.

O processo de urbanização acelerado tem causado um excesso de superfícies impermeabilizadas, as quais reduzem a infiltração de águas das chuvas, aumentando o volume e a velocidade do escoamento superficial, e os riscos de erosão nas bordas da cidade. Além disso, ocorrem alagamentos e enchentes nas ruas e inundações de córregos; os alagamentos ocorrem em regiões planas que possuem o escoamento superficial comprometido pela

---

<sup>1</sup> “Soil erosion is a complex and dynamic process by which productive surface soils are detached, transported and accumulated at a distant place. The major factors that are responsible for soil erosion include climate, topography, soil characteristics, vegetation cover and land use practices” (p. 1)

<sup>2</sup> “Soil erosion susceptibility can be defined as the proneness of the terrain to experience soil erosion, given a set of geo-environmental conditions or ‘determining factors’” (p. 1802)

topografia ou em áreas onde o sistema pluvial é prejudicado; já as enchentes podem ocorrer devido ao intenso escoamento superficial nas áreas urbanas em razão da impermeabilização do solo, e por último as inundações se dão quando as águas fluviais ultrapassam seu leito de escoamento devido à falta de vazão (BRAGA, 2016). Essas interferências antrópicas têm causado o comprometimento da qualidade ambiental urbana

A qualidade ambiental urbana é resultado da ação antrópica sobre o ambiente. O estudo desta é um importante subsídio ao planejamento, pois fornece informações que contribuem para a qualidade de vida da população.

Dessa forma, a identificação das feições erosivas próximas a perímetros urbanos é relevante para o adequado planejamento do uso e ocupação das cidades, bem como é um importante indicador da qualidade ambiental urbana, além de ser relevante para remediação de áreas degradadas, que podem apresentar riscos às edificações.

Em Rio Claro, mais especificamente no perímetro urbano, devido à presença das formações geológicas: Rio Claro, Corumbataí e Depósitos Recentes, além de solos arenosos e argilosos, mais propensos à erosão, destaca-se a importância de se analisar a suscetibilidade erosiva. Dessa forma, em razão das intensas alterações antrópicas, são desencadeados problemas de qualidade ambiental urbana, como por exemplo: a contaminação de águas superficiais e subterrâneas; assoreamento em drenagens a jusante; aumento na turbidez e alterações nos cursos d'água; colmatação de lagos e açudes; improdutividade do solo; perda de volumes de solo e rocha; mudança na paisagem; comprometimento das infraestruturas urbanas; entre outros (CARRIJO; BACCARO, 2000).

## 2. OBJETIVOS

Para o desenvolvimento desta pesquisa foram estabelecidos o objetivo Geral e os objetivos Específicos, destacados a seguir:

### 2.1 Objetivo geral

O objetivo fundamental desta pesquisa foi analisar a suscetibilidade às erosões lineares na área urbana do município de Rio Claro (SP) e como essas influenciam na qualidade ambiental urbana, com base na integração dos aspectos físico-naturais (Geologia, Solos e Declividade) e antrópicos (Uso das terras urbanas) do perímetro urbano do município, com suporte nas geotecnologias.

### 2.2 Objetivos Específicos

De acordo com o objetivo geral, foram delineados os objetivos específicos:

- Avaliar as características físico-naturais (Solos, Geologia, Declividade) e antrópicas (Uso e Ocupação da Terra) da área urbana.
- Realizar a análise integrada dos dados de Geologia, Solos, Declividade e Uso e Ocupação da Terra, a fim de se identificar as áreas de suscetibilidade à erosão linear na área de estudo.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A fim de aprofundar o conhecimento sobre a temática desta pesquisa, realizou-se um levantamento e a análise bibliográfica, visando principalmente embasamento teórico sobre os termos: erosão e suscetibilidade. Além disso, é importante resgatar informações quanto aos aspectos analisados: geologia, pedologia, declividade e uso da terra.

De acordo com Alvarenga e Souza (1997) a erosão é ocasionada pela perda diferenciada de solo em função de sua variabilidade, onde as taxas de perdas vão se sujeitar à sua suscetibilidade à erosão. Os solos podem ser mais ou menos suscetíveis, dependendo dos fatores internos e externos, os quais têm importante influência sobre a erosão, destacando-se a textura, estrutura, teor de matéria orgânica, profundidade do solo e material de origem, classes de capacidade de uso do solo, técnicas de preparo e de cultivo.

A erosão pode ser definida por um conjunto de processos sob os quais material rochoso é desagregado, decomposto e removido de alguma parte da superfície terrestre, fazendo com que ocorra uma perda das características do solo<sup>3</sup> (STAMLEY; SMITH, 1964, tradução da autora).

Zachar (1982) aponta que geralmente erosão é definida pela destruição do solo devido a ação da água e do vento<sup>4</sup>. O termo erosão pode ser utilizado para descrever processos de lavagem do solo, normalmente verticais, e também pode ser associado a lavagem lateral, realizada pelos rios. Alguns termos são associados a erosão como corrosão, abrasão e denudação, sendo que o primeiro diz respeito a ação química causada pela água em rochas mais friáveis, enquanto o segundo é ocasionado pela água do mar e pelo vento; já o terceiro se associa a processos de descoberta de rochas expostas<sup>5</sup> (tradução da autora).

Segundo Bigarella (1996), os processos de erosão linear são fenômenos naturais que podem ser intensificados pela ação do homem. Dentre os aspectos que influenciam na dinâmica erosiva, destacam-se: os atributos litológicos e pedológicos, que determinam o grau de friabilidade do substrato rochoso, além da porosidade dos solos; a cobertura e uso da terra, que ajudam a determinar a suscetibilidade devido a exposição do solo aos agentes intempéricos.

---

<sup>3</sup> “[...] erosion, which is the removal or depletion of some soil characteristic (available depth, texture, plant nutrients, etc.)” (p.183)

<sup>4</sup> “The term *soil erosion* generally means the destruction of soil by the action of water and wind”. (p. 22)

<sup>5</sup> “Whereas the term erosion was used to describe the process of washing away, usually in a vertical direction, the term *corrasion* meant mechanical, lateral washing away (by rivers); the term *corrosion* was used to refer to the chemical destruction of easily soluble rocks, the term *abrasion* referred to the process of scouring by sea water and wind, and finally the term *denudation* indicated the process of uncovering bare rocks, surface wash, and also sheet erosion”. (p. 15)

De acordo com Mortari (1994) a erosão sempre ocorre em três fases: desagregação, transporte e sedimentação. A primeira fase constitui-se no desprendimento das partículas do solo ou da rocha. Depois de desagregadas as partículas são transportadas considerando-se o tamanho, a energia do agente, a topografia e os obstáculos. A deposição é a sedimentação do material.

A erosão linear se forma a partir do escoamento hídrico superficial e concentrado, resultando em sulcos, ravinas e voçorocas. Os sulcos acontecem de forma mais generalizada pela vertente, com profundidade relativamente baixa, em torno de 50 cm, comumente evoluindo para ravinas e voçorocas nos pontos de concentração do escoamento superficial. As ravinas são feições com profundidade variável, alongadas e não atingem o nível d'água subterrânea, sendo possível notar o desprendimento de material dos taludes laterais e transporte de partículas do solo. A voçoroca compreende a fase mais avançada e complexa de erosão, que apresenta maior dificuldade de contenção; normalmente é ramificada e de grande profundidade, e se desenvolve pela combinação do escoamento superficial e subterrâneo (CPTI; IPT, 2008).

No que diz respeito ao termo suscetibilidade, o IPT (2014) define como a predisposição ou a propensão de um determinado terreno ao desenvolvimento de um processo do meio físico. Para Zêzere *et al.* (2004), a suscetibilidade se baseia no pressuposto de que a probabilidade de ocorrência de um fenômeno pode ser medida a partir de relações estatísticas entre um determinado tipo de fenômeno e um certo conjunto de dados espaciais; dessa forma pressupõe que certos fenômenos ocorrem sob condições específicas que podem ser caracterizados por fatores condicionantes.

Alguns solos são mais suscetíveis à erosão que outros, mesmo quando alguns fatores como o declive, a precipitação e a cobertura são os mesmos. As propriedades físicas, principalmente estrutura, textura, permeabilidade e densidade, assim como as características químicas e biológicas do solo exercem diferentes influências na erosão (SILVA, 1995).

O relevo tem importância no processo erosivo, principalmente por ser a declividade o fator responsável pela maior ou menor infiltração e maior ou menor escoamento das águas das chuvas. Nas áreas onde o relevo é plano, não há deslocamento e transporte de partículas de solo, qualquer que seja a classe de solo existente na área. Já nas áreas com superfícies inclinadas, ocorre o escoamento superficial de maneira mais rápida. O potencial erosivo de cada tipo de relevo é agravado pelo uso do solo de maneira inadequada, principalmente por atividades antrópicas, que são responsáveis pela aceleração dos processos erosivos (CALDERANO FILHO *et al.*, 2014).

Com relação ao uso da terra, existem várias definições para esse termo. De modo geral, as definições são associadas às atividades realizadas pelo homem relacionadas com uma determinada superfície da terra ou a um ecossistema, com o objetivo de obter produtos e benefícios, através do uso dos recursos naturais (IBGE, 2013), ou seja, a atividade do homem que se acha diretamente relacionada com a terra. O uso da terra está relacionado com a sua função socioeconômica, podendo ser: agricultura, habitação, proteção ambiental da superfície básica (IBGE, 2013). As atividades humanas estão diretamente relacionadas com o tipo de revestimento do solo, seja florestal, agrícola, residencial ou industrial.

É válido destacar as diferenças nos conceitos uso do solo e uso da terra. O uso da palavra solo, segundo Guerra & Guerra possui seu significado relacionado à pedologia, caracterizando-se como a “camada superficial da terra arável, possuidora de vida microbiana” (GUERRA & GUERRA, 1999, P. 583). Já o uso da terra, abrange a estrutura das organizações espaciais, frente à dinâmica dos sistemas ambiental e socioeconômica. Desta maneira, o conceito adotado nessa pesquisa é o de uso da terra, por considerar esse termo mais apropriado para descrever as interações tanto ambientais como socioeconômicas ocorridas na superfície terrestre.

Tem-se também a definição de cobertura da terra que é dita como os elementos que estão presentes na natureza, que revestem a superfície da terra, tais como a vegetação natural e/ou plantada, água, gelo, rocha nua, areia e superfícies similares, além das construções artificiais criadas pelo homem (IBGE, 2013). Áreas com maior cobertura vegetal têm mais proteção contra a erosão do solo por apresentarem defesa direta contra o impacto das gotas chuva, a presença das raízes forma canículos no solo, aumentando a infiltração da água, diminuição da velocidade de escoamento superficial pelo aumento do atrito na superfície (SILVA, 1995).

O uso e ocupação da terra é uma informação decisiva na dinâmica do processo de erosão. Áreas com cobertura vegetal, como por exemplo, com florestas, tendem a frear o processo erosivo, uma vez que diminuem a energia cinética das chuvas, através da interceptação das gotas pelas folhas, galhos e troncos, facilitando a infiltração de água no solo e diminuindo o escoamento superficial. Além disso, as florestas facilitam a formação de camada de matéria orgânica, que ajuda na estabilização dos agregados dos solos, melhorando sua estrutura. Ou seja, quanto maior a cobertura vegetal do solo, mais protegido, sendo assim, há menores chances de erosão. E quanto menor a área com cobertura vegetal, mais exposto o solo se torna, deixando-o mais suscetível a erosão (SCIFONI, 1994).

A erosão linear pode ser intensificada devido à ação do homem, por meio das formas de uso e ocupação das terras. As áreas que têm um mesmo nível de suscetibilidade, mas são ocupadas de maneira diferente apresentam variados potenciais ao desenvolvimento da erosão linear (SILVA; OLIVEIRA, 2015).

A urbanização brasileira pode ser dividida em duas etapas: a primeira referente a fase colonial, e a segunda após a década de 1930. A primeira fase ocorre a partir da implantação de cidades como pontos-chave, a partir dos quais se dissemina o poder colonizador, impondo as populações indígenas à autoridade política do rei e ideológica da Igreja, se apossando e redistribuindo terras, aniquilando quilombos e reprimindo o contrabando e forças colonialistas rivais (PINHEIRO, 2007).

Até a década de 1930, a criação das cidades e a estruturação territorial eram voltadas para os interesses de comercialização ligados aos ciclos produtivos de açúcar, algodão e café. Com a crise que afetou os países desenvolvidos, no início do século XX, ocorre uma diminuição da demanda estrangeira por produtos brasileiros, findando-se a etapa de exportador primário do Brasil. A ruptura de 1930 e a desestabilização das relações campo-cidade deram origem a um período de mais de 50 anos em que o Brasil se industrializou muito rapidamente ao lado da intensificação da urbanização (MATOS, 2012).

A partir dos anos de 1930, até meados da década de 1950, os fluxos migratórios internos aumentaram e foram mais direcionados para as regiões Sudeste, Sul e Centro-Oeste, como resultado da crescente industrialização, que ocorria principalmente no eixo Rio/São Paulo, uma vez que os transportes rodoviário e ferroviário favoreciam a criação e o desenvolvimento urbano integrados (MATOS; BAENINGER, 2008).

No capitalismo, a concentração do capital e a concentração espacial das atividades possuem profunda relação, sendo assim, as empresas buscam as vantagens da aglomeração; dessa forma, a concentração industrial se deu nos centros urbanos com maior densidade populacional e com facilidades administrativas ligadas à exportação. Assim, as indústrias instalaram-se predominantemente na Região Sudeste, especialmente em São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte. Esse novo arranjo da urbanização, permitia por meio da integração econômica, trocas entre as regiões e desenvolvimento do mercado nacional. Nesse cenário, foi desenvolvida uma rede de transportes para a ligação dos mercados regionais, proporcionando a rápida expansão da rede urbana brasileira (PINHEIRO, 2007).

A economia cafeeira paulista foi de grande importância para o desenvolvimento industrial no estado, e conseqüentemente, para sua urbanização. A elite cafeeira, que era detentora de uma enorme renda e influência, atuava de forma política no estado e no Brasil, a

fim de atender suas necessidades. É possível notar que os empreendimentos instalados visavam atender seus monopólios, como estradas de ferro e serviços de utilidade pública. Porém, mesmo com a grande influência dos fazendeiros, a vinda dos imigrantes foi o que completou o projeto de desenvolvimento da economia paulista (TOLEDO, 2011).

O processo de ocupação das terras do interior paulista começou em meados do século XVIII, com a expansão da fronteira agrícola cafeeira rumo ao oeste paulista, num eixo que ligava o estado de São Paulo com Mato Grosso e Goiás (SANTOS, 2000). Com a expansão cafeeira, surgem novos municípios, com a finalidade de atender os interesses do capital. Na década de 1930, com o colapso da economia cafeeira, ainda é possível notar um aumento da quantidade de municípios, porém de forma desacelerada. O traçado das ferrovias era o que organizava a rede urbana paulista (TOLEDO, 2011).

Entre as décadas de 1930 e 1940, nota-se um período de transição relacionado à organização territorial, sendo visto um processo de urbanização articulado à economia industrial. A indústria de transformação de produto agrícola se dispersou pelo território, que adquiriu uma nova função urbana, a função industrial. Já partir dos anos 1950, a concentração industrial na metrópole, mudou o sistema urbano, pela redefinição urbana originária do período do complexo cafeeiro e pela redistribuição da população no território (TOLEDO, 2011).

A urbanização se ampliou no território nacional conectando os diversos espaços regionais principalmente a centralidade urbano-industrial de São Paulo. Aspectos históricos, em conjunto com alguns aspectos internos à economia paulista, fizeram com que o estado de São Paulo se tornasse a mais ampla e complexa rede urbana e base industrial do país. A capital paulista passou a concentrar de forma crescente a produção industrial, transformando-se no maior polo de atração de migrantes e na maior metrópole do país (JUNIOR; MONTE-MÓR; SIMÕES, 2013).

É importante levar em consideração as taxas de fecundidade da população, que no período inicial do processo de urbanização acelerado, ainda eram relativamente altas. Sem dúvida, foram as migrações internas as responsáveis pela grande aceleração do processo de urbanização, principalmente os deslocamentos do campo para a cidade. As transformações que passaram a sociedade e a economia brasileira, só se consolidaram com o acelerado processo de crescimento da economia urbano-industrial e com a ampliação dos sistemas de transporte e comunicações, que tiveram início na década de 1950 (BRITO; PINHO, 2012).

Seguindo a lógica da expansão para o oeste paulista, se desenvolveu a cidade de Rio Claro, a partir da economia cafeeira, utilizando as regalias conquistadas pela elite do café,

como a ferrovia. A cultura do café se instala no município em 1840, se aproveitando da estrutura agrária já existente. Assim, a partir de 1845 a vida urbana começa a se desenvolver com a construção de novas casas e ampliação do comércio (CARMO, 2006).

Um importante elemento para a ocupação e urbanização de Rio Claro, foi a instalação da linha férrea. A partir de 1886, começou a ser implantada a ferrovia, que conectou primeiramente Jundiaí a Campinas, e depois Campinas a São João Batista do Ribeirão Claro (antigo nome do município de Rio Claro). Rio Claro ficou equipado com um importante sistema de transporte para as atividades agrárias, e conseqüentemente, para o escoamento e exportação da produção agrícola. Além disso, esse empreendimento foi responsável por ser um dos principais empregadores industriais da época, que resultava para a cidade um importante papel no contexto de consolidação do mercado de trabalho e do mercado interno (SANTOS, 2000).

Como já ressaltado, a instalação da ferrovia gerou intensas alterações para Rio Claro, o que acarretou inúmeras mudanças na paisagem urbana. A ferrovia trouxe junto toda uma rede de apoio da qual necessitava, como armazéns, oficinas de reparo e construção de carros, escritórios, locais de baldeação, entre outros (GARCIA, 2001).

Neste contexto, a agricultura do café foi um incentivo à industrialização, uma vez que gerou capital que estimulou as mudanças nos setores urbanos, no comércio e na industrialização; desse modo, na região, foram criadas indústrias de bens de consumo e pequenas indústrias de manufaturas artesanais fundadas pelos imigrantes. Foram essas últimas que sustentaram as atividades urbanas em Rio Claro no início do século XX, com a crise do setor cafeeiro. O setor industrial em Rio Claro permaneceu estagnado até a década de 1940. Em meados na década de 1930, houve um pequeno crescimento industrial, ocasionado por uma baixa capacidade de acumulação de capital e uma fraca iniciativa empresarial local. Somente na década de 1970, houve mudanças nesse quadro, pois Rio Claro se integrou ao movimento de industrialização que estava ocorrendo a níveis mundial, nacional e regional, conseqüência de uma internacionalização do sistema industrial e da desconcentração espacial da indústria (GARCIA, 2001).

Apesar de esse processo ter promovido o desenvolvimento rio-clarense, também apresentou os mesmos problemas da maioria das cidades brasileiras. Não havia um plano diretor, nem um planejamento que direcionava a expansão do tecido urbano. Surgiram loteamentos sem infraestrutura nas margens da cidade, comprometendo áreas verdes (FILHO, 2003).

Neste sentido, a urbanização brasileira ocorreu principalmente pela substituição da economia agrícola pela economia industrial. Dessa forma, a fim de satisfazer o interesse industrial, a sociedade foi alterando seu território, sem necessariamente ter um adequado planejamento. Dentre os problemas ambientais decorrentes do crescimento urbano desordenado, das ocupações irregulares, da intensificação da impermeabilização do solo, destacam-se os processos erosivos urbanos (BRITO; MARTINS; AICHA, 2012).

Muitas cidades brasileiras sofrem degradação de suas áreas urbanas por processos de erosão, ravinas e voçorocas. A capacidade devastadora das erosões provoca situações de risco à comunidade e transforma-se em condicionante restritivo para a expansão urbana. Os processos erosivos na área urbana são decorrentes da retirada da camada vegetal, falta de planejamento urbano, falta de galerias pluviais e de esgoto, entre outros (GUERRA; OLIVEIRA JORGE, 2014).

Nas áreas urbanas, devido a impermeabilização, os solos perdem sua capacidade de absorção. Quando uma área passa pelo processo de urbanização, inicialmente ocorre um forte revolvimento do solo, que causa elevadas taxas de erosão, com muita emissão de sedimentos. Após essa etapa, o solo passa a ser impermeabilizado, reduzindo a emissão de sedimentos e comprometendo o ciclo hidrológico. No meio urbano outros problemas relacionados a dinâmica da água e do solo podem ocorrer, tais como deslizamentos e movimentos de massa, geralmente ligados a remoção dos horizontes superficiais associado a extensas áreas impermeabilizadas. A remoção de camadas de solo diminui a capacidade efetiva do mesmo absorver água, de forma que rapidamente pode ocorrer a saturação pela água da chuva, fazendo com que a água escorra por esses terrenos impermeabilizados até encontrar uma superfície que a absorva, o que ocorre, muitas vezes na borda urbana (BRAGA; CARVALHO, 2003).

O solo que é fortemente afetado pelo processo de urbanização, tende a ter alterações em suas características morfológicas, físicas, químicas e biológicas, tornando-se completamente diferente do solo natural. O processo de urbanização, sem adequado planejamento quanto ao uso da terra e a água evidencia as alterações morfológicas; a impermeabilização causa a compactação do solo, diminuindo a infiltração e a porosidade. Assim, as águas pluviais escorrem de maneira mais rápida ocasionando erosões, enchentes, poluição por substâncias tóxicas e deslizamento de encostas. Em um processo de urbanização planejado, a capacidade de uso da terra deve ser considerada, observando seu potencial e respeitando suas limitações e fragilidades (BRITO; MARTINS; AICHA, 2012).

O estudo da qualidade ambiental urbana é um importante subsídio ao planejamento, pois fornece informações que contribuem para a qualidade de vida da população. Com relação aos processos urbanos, o Estatuto da Cidade, de 2001, lei federal nº 10.257, estabelece alguns critérios que podem ser empregados na avaliação da qualidade ambiental. Esta lei exige a regulação do uso da propriedade urbana em relação ao bem-estar dos cidadãos bem como do equilíbrio ambiental. Nucci *et. al* (2005) propõe usar mecanismos que retifiquem distorções do crescimento urbano e seus efeitos negativos sobre o meio ambiente, com objetivo de controlar o uso do solo, de forma a se evitar a degradação ambiental.

O gerenciamento de risco e o planejamento são etapas importantes para modificações no território, sendo assim, é imprescindível ter ferramentas que auxiliem na gestão. As geotecnologias são instrumentos eficientes que proporcionam levantamentos de dados do meio físico e do uso e ocupação da superfície terrestre, originando informações fundamentais nos estudos ambientais, especialmente, estudos focados na erosão do solo. Como exemplos dessas geotecnologias enfatizam-se: os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), o Sensoriamento Remoto (imagens orbitais, orfotofotos, imagens aerofotogramétricas, etc.) e o *Global Navigation Satellite System* (GNSS) (MARCELINO, 2008).

Os SIG são fundamentais para a cartografia de suscetibilidade, pois esses ambientes permitem o manuseio e o tratamento de dados. Para as análises dos fatores que influenciam a suscetibilidade há duas abordagens: a bicriterial e a multicriterial. Ambas as abordagens analisam a relação entre os fatores determinantes de um processo erosivo, com o objetivo de calcular a suscetibilidade e os riscos associados a erosão<sup>6</sup> (MAGLIULO, 2012).

As geotecnologias como ferramenta para estudos ambientais têm algumas aplicações, como por exemplo: a prevenção, focando nas avaliações de risco, é uma etapa que antecede possíveis riscos, tendo resultados como mapas de perigo, vulnerabilidade e risco; a preparação, podendo ser usada para o estabelecimento de rotas de evacuação, criação de sistemas de alerta; as ações de resposta, o SIG viabiliza administrar as situações mais problemáticas, como as ações de socorro às populações afetadas; a reconstrução, por meio de realização de inventários, avaliação de danos e identificação de áreas seguras (MARCELINO, 2008).

---

<sup>6</sup> “GIS is fundamental in susceptibility mapping, as it allows an easy handling and processing of territorial data, which is the core of susceptibility assessment procedures. Among the GIS-based approaches, the statistical ones are those most frequently used. Two significant groups of statistical approaches arise in literature: the bivariate and multivariate methods Both of them analyse the historical link between the determining factors of a given erosive process and the distribution of the erosional landforms with the aim to calculate and visualize susceptibility, hazard and risk associated with natural events.” (p. 1802)

Câmara, Davis e Monteiro (2003) afirmam que a tecnologia de SIG evoluiu de maneira muito rápida a partir da década de 1970. Foi possível notar um aumento da utilização dos SIG para atender objetivos comerciais, além dos usos para estudos ambientais. Tem-se como exemplo, os trabalhos de fotointerpretação de Sanchez e Gerardi (1983), no qual eles avaliaram as transformações espaciais do uso da terra identificados por mapeamento nos períodos de 1962, 1972 e 1978, no município de Rio Claro, com o objetivo avaliar a expansão e/ou recuo das classes de uso da terra.

Badahur (2008) utiliza o mapeamento da suscetibilidade à erosão, se apoiando no sensoriamento remoto e nos SIG, para estimar a perda do solo em áreas suscetíveis em montanhas na Tailândia, partindo do pressuposto de que as agriculturas locais (itinerantes) causam danos ao solo. Assim, Badahur (2008) usa ferramentas como o *ArcGis*, para fazer análises digitais com dados topográficos e de uso e cobertura da terra para estimar a suscetibilidade da região.

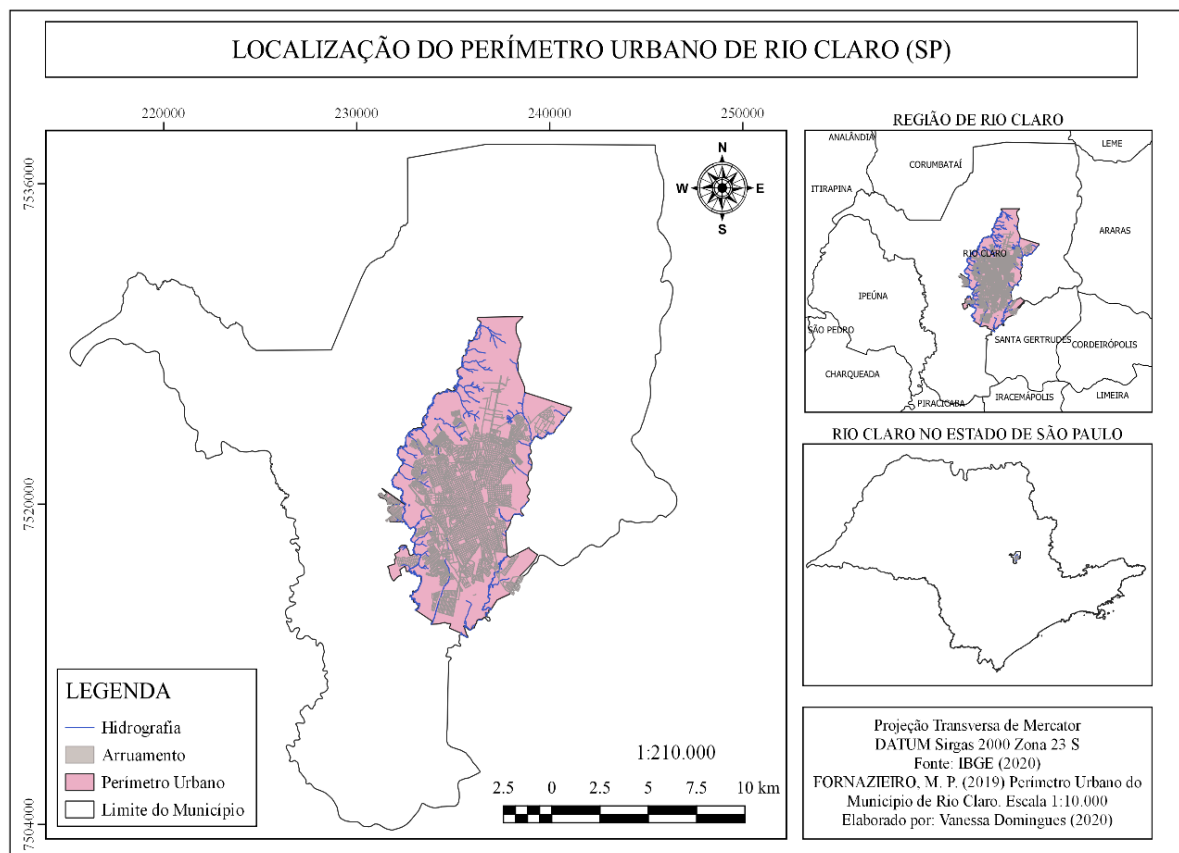
Sharma e Singh (2017) aplicam o uso de multicritérios para avaliar a suscetibilidade erosiva em Panchkula, um distrito de Haryana na Índia. Os critérios empregados foram: chuvas, cobertura vegetal, tipo do solo, geomorfologia, declividade, curvatura topográfica, densidade da drenagem, uso e cobertura da terra; diferentes camadas temáticas desses parâmetros foram utilizadas, estabelecendo-se pesos, e os mesmos foram sobrepostos para a elaboração do mapa de suscetibilidade.

## 4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

### 4.1 Localização

O município de Rio Claro localiza-se no centro-leste do Estado de São Paulo, a 173 km da capital, entre as coordenadas 22°14' e 22°33' S; e 47°27' e 47°46' O, abrangendo área territorial de 498,422km<sup>2</sup>. Para o desenvolvimento desta pesquisa, selecionou-se a área urbana do de Rio Claro, mais especificamente a área abrangida pelo perímetro urbano.

Figura 1: Localização do perímetro urbano de Rio Claro – SP



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

### 4.2 Clima

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da cidade é o tipo Cwa, correspondendo ao clima temperado úmido com inverno seco e verão quente. Tavares e Silva (2008) classificam o clima local como Tropical com precipitações concentradas nas estações de primavera e verão. As temperaturas médias anuais estão compreendidas entre 18,1° e 20,9°C, com uma pluviosidade média anual de 1.476,1 mm.

O clima do município é tropical, controlado por massas equatoriais e tropicais alternadamente secas e úmidas, com temperaturas e pluviosidade relativamente elevadas no

período de outubro a março, com 55 a 60 dias de chuva, totalizando cerca de 80% das precipitações anuais; já o período menos chuvoso ocorre entre abril e setembro, com 15 a 20 dias de chuva. O volume das chuvas é o elemento mais significativo de esculturação das vertentes. No verão ocorrem tempestades torrenciais, com alta quantidade de chuva em curto período de tempo, devido ao frequente avanço de frentes frias. Já no final da primavera e o início do verão, quando ocorrem os primeiros aguaceiros, o solo encontra-se ressecado pelo longo período seco e sem cobertura vegetal, por coincidir com o final do ciclo agrícola. O resultado é a erosão intensa do manto superficial, formando ravinas e voçorocas (PENTEADO-ORELLANA, 1981; CEAPLA/IGCE-UNESP, 2014).

### 4.3 Geomorfologia

Considerando o contexto geomorfológico, a região na qual se situa o município de Rio Claro pertence à Depressão Periférica Paulista, uma das cinco grandes províncias geomorfológicas do estado de São Paulo. Grande parte do município apresenta relevo de topografia suave, com declividade variando de 0 a 8%, com interflúvios subtabulares, os quais são separados por vales, cujas seções transversais podem ultrapassar quatro quilômetros (COTTAS, 1983). O modelado é formado por colinas de topos aplainados, com formas de dissecação média a alta, vales entalhados e densidade de drenagem média a alta, apresentando um nível de fragilidade potencial médio, caracterizando áreas sujeitas a forte atividade erosiva. Os setores de vertentes pouco mais inclinadas apresentam maior suscetibilidade aos processos erosivos, principalmente quando se desenvolvem escoamentos concentrados. Pentead-Orellana (1981) conclui que a geomorfologia do local é principalmente composta por colinas que oscilam entre 550 e 650 metros de altitude. Segundo Zaine (2000) também ocorrem relevos sustentados por maciços básicos.

### 4.4 Hidrografia

O principal sistema de drenagem da região é representado pelo rio Corumbataí e pelos seus afluentes, rio Passa Cinco pela margem direita, o ribeirão Claro e o córrego da Servidão pela margem esquerda (ZAINE, 2000).

O município está inserido na bacia hidrográfica do Corumbataí, que corresponde a uma área de aproximadamente 1200 km<sup>2</sup> abrangendo áreas dos municípios de Analândia, Corumbataí, Rio Claro, Ipeúna, Santa Gertrudes, Itirapina, Charqueada, Iracemópolis e Piracicaba. O rio Corumbataí, com 120 km de extensão, recebe afluentes como o ribeirão

Claro, o Cabeça e o Passa Cinco, entre outros. Os cursos d'água, como o córrego da Servidão (canalizado sob a avenida Visconde do Rio Claro) e o córrego Lavapés (canalizado sob a Av. Ulisses Guimarães), são canais receptores de esgoto urbano (FILHO, 2003).

O rio Corumbataí, é o rio mais importante rio da região e a qualidade de suas águas o enquadra em diversos trechos na Classe 1, as quais podem, dentre algumas das atividades nobres, ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após desinfecção. Porém, com a presença de atividades extrativistas, agrícolas e industriais, é possível notar alguns problemas que prejudicam e comprometem a qualidade de suas águas, onde em alguns pontos no município de Rio Claro, sua classificação se encaixa na Classe 4, águas que podem ser utilizadas para fins menos nobres, como a navegação e harmonia paisagística (ECOSBIO, 2014).

O ribeirão Claro (afluente do rio Corumbataí), abastece o município, e é responsável por cerca de 40% da captação municipal. Os afluentes deste são os córregos Cachoeirinha, Mãe Preta e Lavapés, além dos córregos Ibitinga e Santo Antônio, que deságuam no ribeirão Claro na área da Floresta Estadual "Edmundo Navarro de Andrade" (ECOSBIO, 2014).

#### 4.5 Pedologia

Quanto à classificação pedológica, os solos do município de Rio Claro são constituídos por Latossolos, Argissolos e Neossolos. Essas classes de solos se subdividem em diferentes tipos, de acordo suas características físico-químicas, processos de formação, horizontes diagnósticos, tipo de arranjo dos horizontes, atividade de argila, dentre outras, separando-as em unidades cada vez mais homogêneas (ECOSBIO, 2014).

Os Latossolos são solos resultantes de transformações no material de origem, prevalecendo a fração argila, minerais nos últimos estágios de intemperismo. A fração areia existente é dominada por minerais altamente resistentes ao intemperismo, de textura variável, de média a muito argilosa, geralmente muito profundos, porosos, macios e permeáveis, apresentando pequena diferença no teor de argila em profundidade e, comumente, são de baixa fertilidade natural (ECOSBIO, 2014).

Os Argissolos vermelho – amarelos são encontrados em abundância nos vales do ribeirão Claro e do rio Corumbataí (ZAINE, 2000). Esses solos têm em comum um aumento significativo no teor de argila em profundidade. São bem estruturados, apresentam profundidade variável e cores predominantemente avermelhadas ou amareladas, textura

variando de arenosa a argilosa nos horizontes superficiais e de média a muito argilosa nos subsuperficiais (ECOSBIO, 2014).

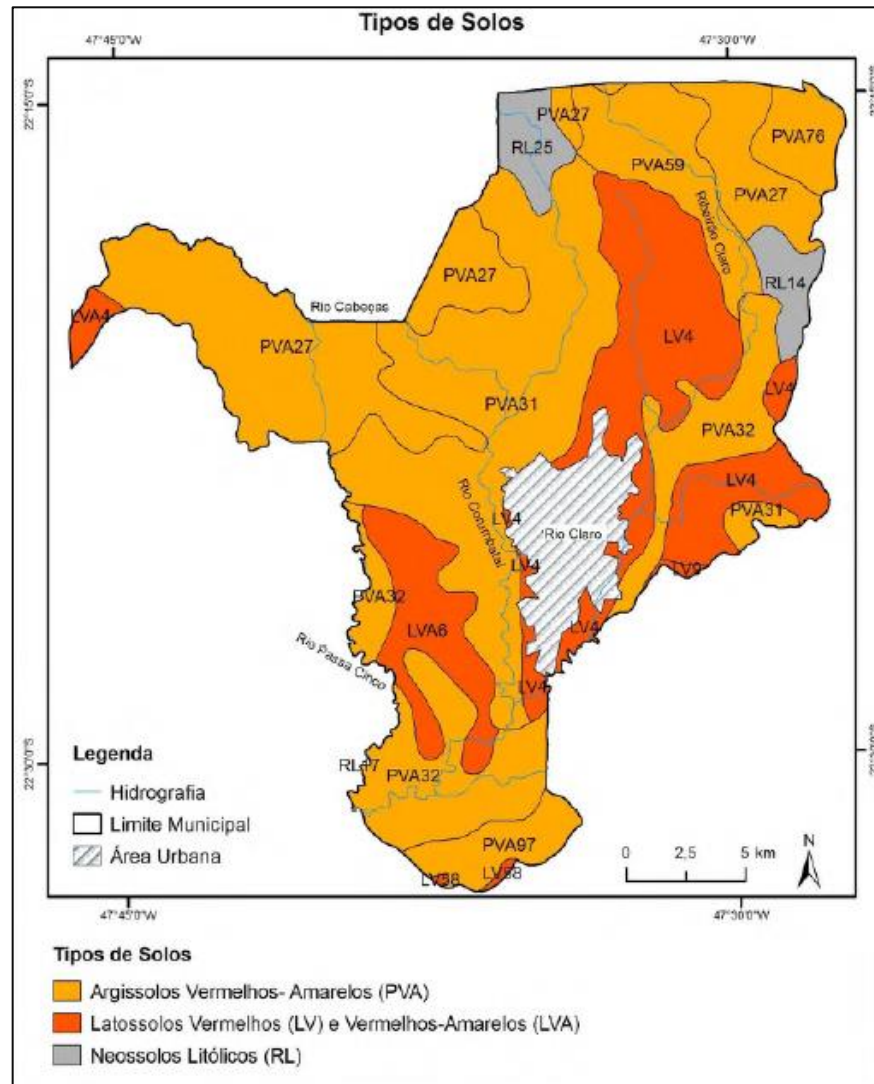
Ainda segundo Zaine (2000), tanto os Argissolos quanto os Latossolos vermelho-amarelos apresentam características semelhantes:

“[...] O predomínio de textura arenosa, solos bem drenados, com grandes facilidades de lixiviação e infiltração, pobres em matéria orgânica, ácidos e pouco adequados para a agricultura. São solos originados das formações Piramboia, Botucatu e Rio Claro.” (ZAINÉ, 2000, p. 46).

Os solos neossolos litólicos, são solos rasos e pouco desenvolvidos, também são encontrados em Rio Claro, porém em menor quantidade. Os solos litólicos normalmente estão associados aos Argissolos e, mais comumente, aos siltitos e argilitos da formação Corumbataí. Esses são caracterizados pela pequena espessura do *solum* (sendo inferior a 40 cm) e ausência ou espessura muito pequena de horizonte diagnóstico de subsuperfície. Desta forma, é um solo bastante limitado para qualquer atividade agrícola, podendo ser agravado pelo fato de que ocorre em locais de relevo acidentado (ZAINÉ, 2000).

Cada tipo de solo apresenta propriedades que os diferenciam uns dos outros e que são responsáveis pela maior ou menor facilidade de o mesmo ser erodido, ou seja, ser mais suscetível à erosão. A figura 2 apresenta os tipos de solo presentes no município de Rio Claro.

Figura 2: Pedologia do Município de Rio Claro – SP



Fonte: PUPIM (2010, p. 44)

Nota-se que grande parte da área urbana de Rio Claro, é formada por Latossolos Vermelhos (LV) e Vermelhos-Amarelos (LVA). De acordo com o Grau de Erodibilidade de Salomão (1999) e Ross (2005), esses solos possuem médio grau de erodibilidade. Os Argissolos Vermelhos-Amarelos, também possuem grau médio de erodibilidade. Os Neossolos Litólicos se localizam fora da área urbana, por isso não serão considerados nesta pesquisa.

#### 4.6 Geologia

De acordo com Zaine (1994), do ponto de vista geológico o município está inserido no setor paulista região nordeste da Bacia Sedimentar do Paraná, composta, no caso, por rochas sedimentares e vulcânicas das Eras Paleozóica (Grupo Itararé; formações Tatuí, Irati e

Corumbataí), Mesozóica (formações Pirambóia, Botucatu e Serra Geral) e Cenozóica (Formação Rio Claro e depósitos Recentes).

Ainda segundo Zaine (1994) a Bacia Sedimentar do Paraná é determinada como uma ampla bacia intracratônica instituída sobre a Plataforma Sul-Americana, sendo composta por cerca de 6.000 m de rochas sedimentares e vulcânicas. A bacia está situada na parte centro-leste da América do Sul, abrangendo uma área de cerca de 1.700.000 km<sup>2</sup> (160.000 km<sup>2</sup> no Estado de São Paulo), compreendendo a parte meridional do Brasil, com área de 1,1 milhões km<sup>2</sup>, sendo a metade oriental do Paraguai, com 100 mil km<sup>2</sup>, parte da Argentina, abrangendo 400 mil km<sup>2</sup>, e Uruguai, com 100 mil km<sup>2</sup>.

As principais Unidades Geológicas que abrangem o perímetro urbano de Rio Claro estão especificadas a seguir.

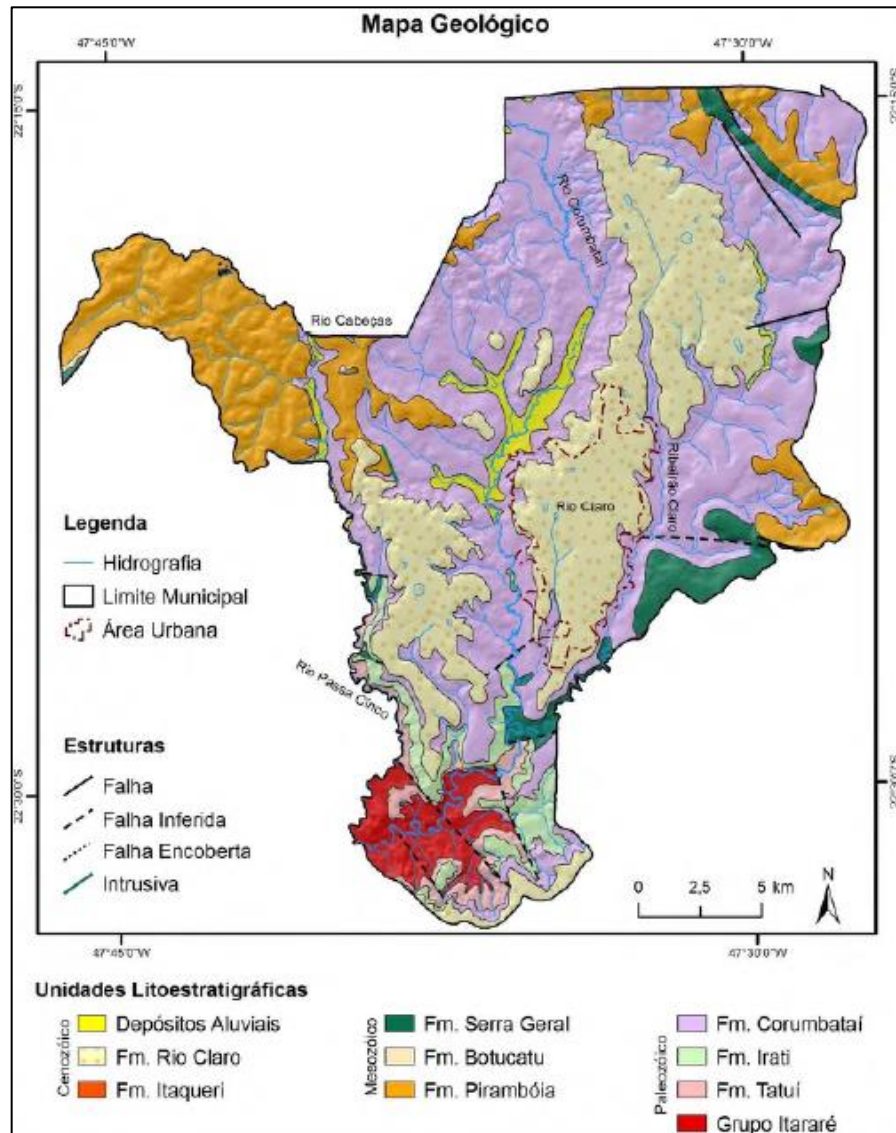
- **Formação Tatuí (Permiano):** é constituída predominantemente de siltitos arenosos e argilosos. Ocorrem arenitos lamíticos, folhelhos, sílex e raras lentes de calcário (IPT, 2012). A Camada Ibicatu ocorre no topo da Fm. Tatuí e forma uma camada de espessura com cerca de 10cm a 3m (frequentemente menor que 1m), sendo utilizada como camada guia do topo da Fm. Tatuí (MELLO, 2018). O ambiente se associa à transgressão gerada pelo derretimento das geleiras do Itararé (misto/ marinho raso). É um ambiente definido como representando uma plataforma marinha, um sistema costeiro e, localmente na região de Rio Claro, um sistema de leques deltaicos (IPT, 2012). Por ser composta por siltitos arenosos e argilosos, sua suscetibilidade varia, podendo ser considerada como baixa.
- **Formação Irati (Permiano):** A Formação Irati é composta por siltitos, argilitos e folhelhos sílticos de cor cinza clara a escura, folhelhos pirobetuminosos, localmente em alternância rítmica com calcários creme a acinzentado, em parte silicificados e dolomíticos, e restritos níveis conglomeráticos; com membro pelítico muito persistente na base. É dividida em Membro Taquaral na base (10 a 15 metros) e Membro Assistência no topo (40 a 50 metros). O Membro Taquaral possui litofácies relacionadas a um folhelho negro com alta matéria orgânica e carbono orgânico. O Membro Assistência está associado folhelhos negros (alta matéria orgânica) e calcários dolomíticos (IPT, 2012; MELLO, 2018). Sua suscetibilidade é média, uma vez que, é formada por folhelhos intercalados com arenitos e calcário.
- **Formação Corumbataí (Neopermiano):** está situada no Estado de São Paulo, ao norte do rio Tietê, atingindo a espessura máxima de 130 metros nas proximidades de Rio Claro, diminuindo para norte, não ultrapassando 60 m (LANDIM, 1970; SOARES

E LANDIM, 1973). As litofácies são compostas por siltitos, argilitos e folhelhos avermelhados/arroxeados, bancos carbonáticos e silexíticos, níveis de coquinas e camadas de arenitos finos (ZAINE, 1994). Apresenta suscetibilidade baixa a erosão devido a presença de siltitos e argilitos.

- **Formação Serra Geral e Rochas Correlatas:** A Formação possui uma espessura aproximada de 100m e suas correlatas se apresentam na forma de diques e soleiras com espessura altamente variável. A litologia é representada predominantemente por rochas máficas extrusivas (basaltos). Compreende rochas intrusivas relacionadas ao evento do vulcanismo da Bacia do Paraná, constituídas por diques e expressivas soleiras de diabásio (ZAINE, 1994). Por ser formada por rochas vulcânicas, apresenta maior solidez, dessa forma apresenta uma suscetibilidade muito baixa à erosão.
- **Formação Rio Claro (Terciário-Quaternário):** segundo Zaine (1994) essa formação possui cerca de 30m de espessura e pode se situar sobre diferentes unidades geológicas. Zaine (1994) ainda afirma que a formação é composta de arenitos mal selecionados, esbranquiçados, amarelos e róseos, friáveis, por vezes com estratificações cruzadas, níveis centimétricos a decimétricos de argilitos e níveis conglomeráticos (principalmente na base). O ambiente de formação se relaciona com condições fluviais produzindo um paleocanal, e localmente com pequenos lagos dentro da planície de inundação. Conforme Zaine (1994), os sedimentos teriam como fonte os arenitos das formações Botucatu e Piramboia, atestado pela situação geográfica e pelas semelhanças granulométricas e texturais e, ainda, a Formação Corumbataí, fornecedora tanto dos clastos da base, como do material formador das camadas pelíticas. Devido à sua composição arenosa, com arenitos pouco consolidados, sua suscetibilidade à eventos erosivos é alta.
- **Depósitos Recentes (Quaternário):** Detém espessura variável (normalmente pequena) e composta por depósitos arenosos inconsolidados e outros sedimentos aluviais, que podem preencher os fundos de vales atuais e terraços (ZAINE, 1994). Em planícies aluviais ocorre lama frequentemente associada a matéria orgânica, sedimentos associados ao canal fluvial e à planície fluvial. Composta por depósitos arenosos e sedimentos aluvionares, e com frequente presença de água, dessa forma, se torna altamente suscetível à erosão.

A figura 3 apresenta a distribuição das formações geológicas no município de Rio Claro.

Figura 3: Geologia do município de Rio Claro - SP



Fonte: PUPIM (2010, p. 27)

É possível observar na figura 3, que na área urbana de Rio Claro, a formação predominante é a Rio Claro, a qual é formada por arenitos, arenitos conglomeráticos, arenitos argilosos e pequenas intercalações argilosas, tornando um solo mais propenso à erosão. É perceptível também, a presença da Formação Corumbataí, presente em partes da borda urbana, constituída de argilitos, folhelhos e siltitos, com intercalações de arenitos finos, características que o tornam menos suscetível a erosão.

#### 4.7 Uso e Ocupação de Terras

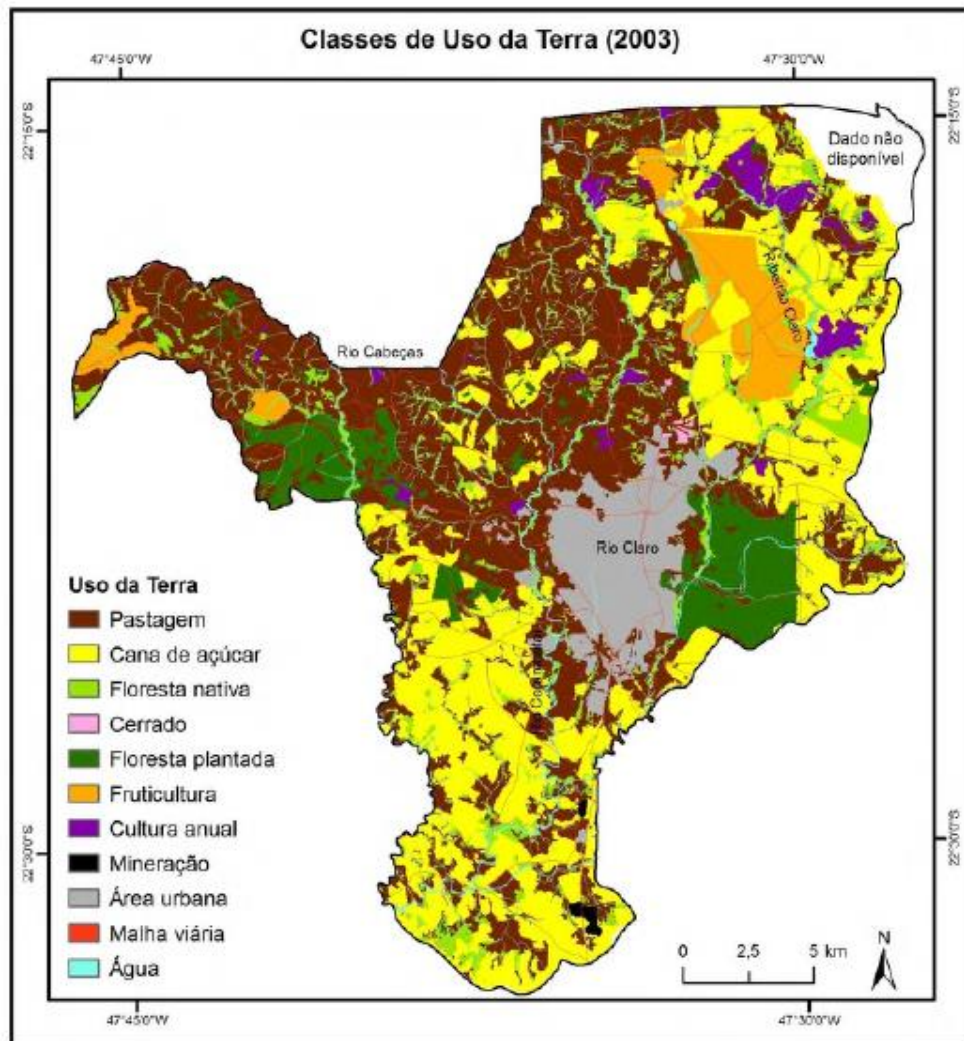
A distribuição da vegetação primitiva está profundamente relacionada com as características pedológicas, índices de declividade das encostas e fatores climáticos locais. A vegetação de Cerrado está relacionada a solos de textura arenosa, muito profundos e

igualmente permeáveis, esse tipo de vegetação ocorre em “manchas” distribuídas por toda a região. Ao longo das margens dos cursos d’água é possível encontrar matas ciliares, compostas por diferentes espécies vegetais, sendo essa uma zona de transição entre vegetação estacional semidecídua, onde alagamentos não são constantes, e campos hidrófilos nas planícies de inundação (PUPIM, 2010).

O principal uso da terra são as extensas áreas de pastagem, pois antigamente a área era uma bacia leiteira, e foi substituída pela cultura canaveira, principalmente nos terrenos planos, pois apresentam boa capacidade para a mecanização. Outro importante uso são as áreas de reflorestamento com Pinus e Eucalipto (PUPIM, 2010).

Na figura 4 é possível analisar as classes de uso da terra do município.

Figura 4: Usos da Terra do município de Rio Claro - SP



Fonte: PUPIM (2010, p. 51).

#### 4.8 Mapeamento do IPT

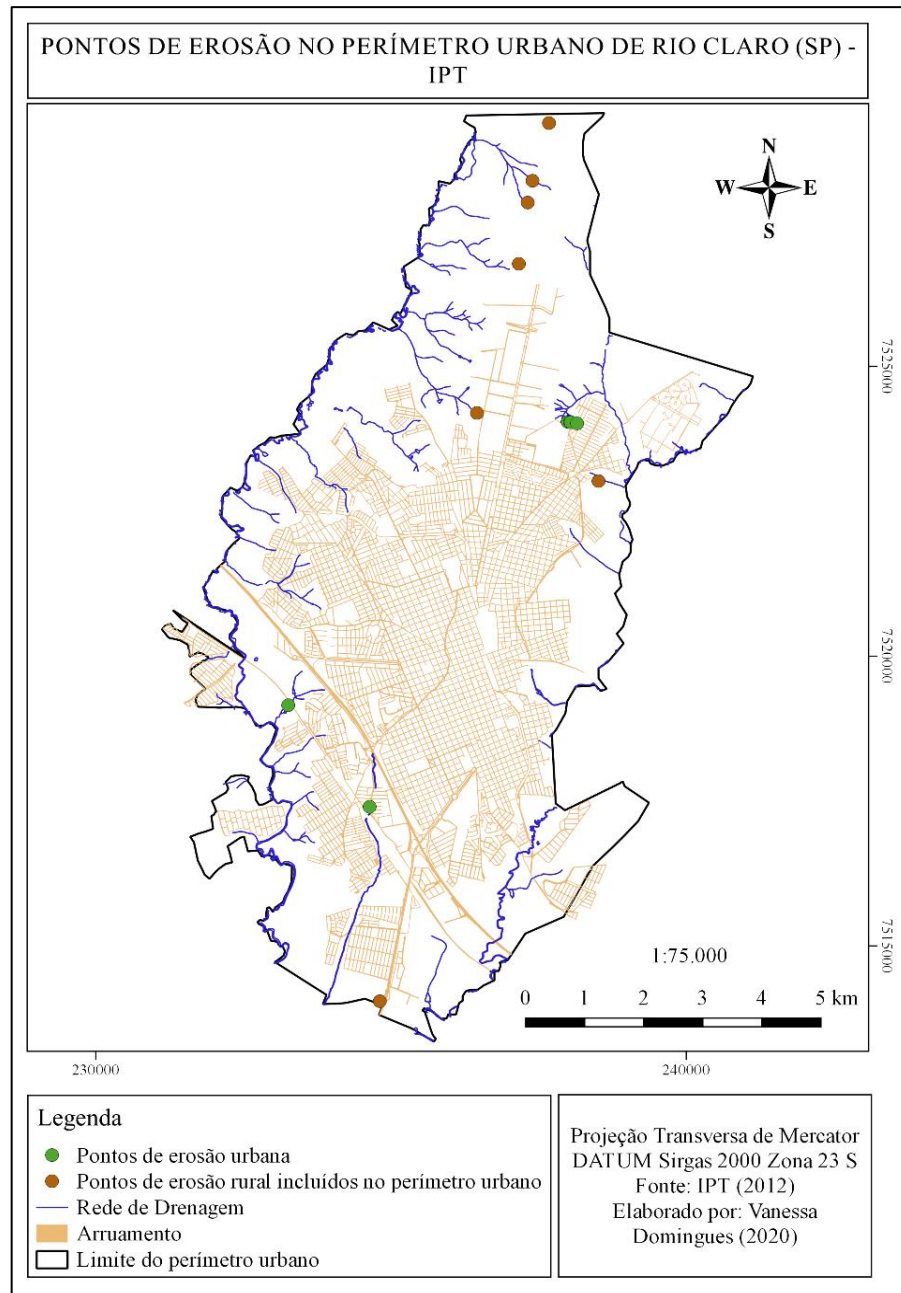
No ano de 2012 o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) realizou a divulgação de um relatório da pesquisa intitulada “Cadastramento de pontos de erosão e inundação no Estado de São Paulo”, realizada entre os anos de 2010 e 2011, e tinha como objetivo mapear os pontos críticos no estado quanto à erosão e inundações, a fim de subsidiar com elementos básicos o planejamento de programas e ações voltados ao equacionamento dos problemas causados pelas erosões lineares, urbanas e rurais, e pelas inundações/enchentes nas áreas urbanas de todo o território do Estado de São Paulo (IPT, 2012).

No total foram mapeados os 645 municípios do estado de São Paulo, obtendo como resultado a identificação de 1.398 processos erosivos lineares em áreas urbanas e 39.864 processos erosivos lineares em áreas rurais, além de diagnosticar a ocorrência de inundações nas áreas urbanas de 334 dos 645 municípios do estado (IPT, 2012).

No município de Rio Claro foram identificadas 6 erosões lineares urbanas (3 ravinas e 3 voçorocas) e 116 rurais (11 ravinas e 105 voçorocas). Para esta pesquisa, foram consideradas algumas dessas erosões classificadas como rurais, pois se encaixam no perímetro urbano, uma vez que houve expansão do perímetro urbano após a realização do mapeamento em 2012.

A figura 5 representa o mapa dos pontos de erosão inseridos no perímetro urbano de Rio Claro.

Figura 5: Pontos de erosão cadastrados no perímetro urbano de Rio Claro



Fonte: elaborado pela autora (2020).

Nesse mapa foram apresentados os pontos que foram classificados como rurais segundo o IPT, porém estão inseridos na área de estudo da pesquisa. Diante do exposto, foram contabilizados 13 pontos de erosão em todo o perímetro, sendo 10 voçorocas e 3 ravinas. Além disso, foi acrescentado o arruamento para demonstrar como algumas erosões se apresentam próximos à malha urbana.

## 5. METODOLOGIA

Para o alcance do objetivo fundamental desta pesquisa, tomou-se por base a revisão bibliográfica, a organização da base cartográfica do município de Rio Claro e a integração de mapas temáticos através da Análise Multicritérios, além da fotointerpretação e de trabalhos de campo.

### 5.1 Materiais

Nesse trabalho foram utilizadas imagens aerofotogramétricas, documentos cartográficos, além de softwares de SIG, destacados a seguir:

- ORTOFOTO da EMPLASA - Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S/A., do ano de 2010/2011, na escala original de 1:25.000, com resolução espacial aproximada de 1 metro e composição colorida.
- Mapa de Uso e Ocupação das Terras da Área Urbanizada de Rio Claro, de 2020, na escala 1:10.000. Fornazieiro (2020).
- Perímetro Urbano de Rio Claro, na escala 1:10.000. Fornazieiro, 2019.
- Pontos de erosão urbanos e rurais cadastrados, na escala 1:250.000. IPT, 2012.
- Base cartográfica digital da Geologia do Projeto do Polo Cerâmico de Santa Gertrudes – São Paulo. CPRM, 2014. Escala 1:100.000. Loreti Jr., R.; Sardou F.º, R.; Caltabeloti, F.P.
- Planta Cadastral Digital, 2017, na escala de 1:10.000, para extração das informações da drenagem, rodovias, curvas nível. Prefeitura Municipal de Rio Claro.
- Planta Cadastral Digital, 2017, na escala 1:10.000, para obtenção da informação sobre o arruamento municipal. Prefeitura Municipal de Rio Claro, com adaptações de Fornazieiro (2020).
- Base cartográfica digital do Mapa Pedológico do Est. de São Paulo, na escala 1:100.000. ROSSI, M. Instituto Florestal, 2017.
- *Software Google Earth Pro*, 2020.
- *Software de Sistema de Informação Geográfica (SIG) ArcGis 10.5*, módulo *ArcMap* da empresa *Esri*.
- *Software de Sistema de Informação Geográfica (SIG) QGis 3.10*, da Fundação *Source Geospatial Foundation (OSGeo)*.

## 5.2 Métodos

Para o desenvolvimento da pesquisa, foram adotados procedimentos metodológicos, relativos as geotecnologias e os mapas temáticos foram elaborados no ambiente do software *ArcGis*, versão 10.5, adotando-se o sistema de coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM), datum SIRGAS 2000, fuso 23S. A partir de então, foram aplicados procedimentos de edição e conversão de dados, além da integração da base cartográfica com o banco de dados e da classificação temática.

### 5.2.1 Revisão Bibliográfica

A bibliografia foi selecionada de livros, artigos em periódicos, dissertações, teses, publicações em anais e sites, visando o embasamento, aprofundamento e fundamentação teórico-conceitual e metodológica para a realização do estudo proposto. Além disso, possibilitou realizar a caracterização físico-natural (Geologia, Solos e Declividade) e antrópica (Uso e Ocupação das Terras) da área de estudo, importantes para a compreensão acerca da temática relativa à erosão linear na área urbana do município de Rio Claro (SP).

### 5.2.2 Organização e Elaboração do Banco de Dados

Essa etapa foi composta por pesquisa de fontes de informações para criação da base de dados espacial; tratamento das bases pré-existentes e elaboração de mapas temáticos. Os procedimentos de tratamento das informações e de elaboração de mapas foram realizados no *software* de SIG *ArcGIS* 10.5, sendo utilizadas ferramentas do *Analysis Tools* e *Spatial Analyst*. Os mapas temáticos de Geologia, Pedologia, Declividade e Uso das Terras serviram de base para a elaboração do mapa final de suscetibilidade.

#### 5.2.2.1 Mapa Geológico

Para a elaboração do mapa Geológico da área de estudo, as informações foram obtidas da base cartográfica digital da Geologia do Projeto do Polo Cerâmico de Santa Gertrudes – São Paulo. CPRM, 2014. Escala 1:100.000., de Loreti Jr., R.; Sardou F.º, R.; Caltabeloti, F.P. Esta base cartográfica digital é georreferenciada no mesmo sistema de coordenadas adotado nesta pesquisa e abrange as Unidades Litoestratigráficas: estruturas da área continental, recursos minerais e base planimétrica ajustada e atualizada. Para as adequações aos objetivos desta pesquisa, esse documento passou por processos de edição no ambiente do SIG/*ArcGis* e o polígono do perímetro urbano foi utilizado para fazer o recorte do mapa Geológico, obtendo-se o Mapa Geológico do Perímetro Urbano de Rio Claro.

### 5.2.2.2 *Mapa pedológico*

Primeiro, vale ressaltar que os solos encontrados na superfície da Terra apresentam grande diversidade em função das diferentes combinações de seus fatores de formação. Sendo assim, os solos siltosos, grande parte das partículas pertence à fração silte; são solos muito suscetíveis à erosão, pois as partículas são finas e leves e não se agregam como no caso das argilas. Já os solos argilosos, têm como característica pouca aeração e são impermeáveis (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999). Seguindo a metodologia aplicada por Salomão (1999) e Ross (2005), cada tipo de solo está associado a um grau de erodibilidade (tabela 1).

Tabela 1: Grau de Erodibilidade e seus respectivos solos

Grau de Erodibilidade	Unidades Pedológicas
I - Muito Fraco	Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho Escuro e Vermelho Amarelo de Textura Argilosa, Solos Hidromórficos em Relevo Plano, Gleissolos, Planossolos, Organossolos, Neossolos Quartzarênico em Relevo Plano
II - Fraco	Latossolo Amarelo e Vermelho Amarelo de Textura Média Argilosa; Terra Roxa Estruturada; Latossolo Vermelho Escuro
III - Médio	Argissolos Vermelho Amarelo e Argissolo Vermelho Escuro, Textura Argilosa, Latossolo Vermelho Amarelo, Textura Argilosa e Média, Latossolo Vermelho Amarelo, Terra Bruna
IV - Forte	Argissolo Vermelho Amarelo não abruptico, textura média - argilosa e média, Cambissolos, Argissolos Vermelho Amarelo de textura médio-arenosa, Plintossolos
V - Muito Forte	Cambissolos, Neossolos Litólicos, Argissolos Vermelho Amarelo e Vermelho escuro abrupticos, textura arenosa- média, Neossolos Quartzarênicos em relevos suave-ondulado e ondulado

Fonte: SILVA; OLIVEIRA (2015, p. 6513).

Sendo assim, para a produção do mapa pedológico da área de estudo, foi utilizada a base cartográfica digital do Mapa Pedológico do Est. de São Paulo. Instituto Florestal, na escala 1:100.000, de Rossi, M, 2017. Esta base cartográfica digital também é georreferenciada no mesmo sistema de coordenadas adotado nesta pesquisa. Também foi necessário fazer o recorte do mapa, obtendo apenas o Perímetro Urbano de Rio Claro.

### 5.2.2.3 *Mapa de Declividade*

O relevo é um fator decisivo no processo erosivo, principalmente por ser a declividade o fator responsável pela maior ou menor infiltração das águas das chuvas. A tabela 2, apresenta a adaptação da metodologia utilizada por Salomão (1999), realizada por Silva e Oliveira (2015), associando classes de solo (erodibilidade) com as respectivas classes de declividade (%), determinadas pela EMBRAPA (1979).

Tabela 2: Classes de declividade e seu grau de suscetibilidade a erosão

Declividade (%)	Relevo	Grau de Suscetibilidade
0 - 3	Plano	I - Muito Fraca
3 - 8	Suave-Ondulado	II - Fraca
8 - 20	Ondulado	III - Média
20 - 45	Forte-Ondulado	IV - Forte
45 - 75	Montanhoso	V - Muito Forte

Fonte: SALOMÃO (1999) adaptado por SILVA; OLIVEIRA (2015, p. 6514).

Quanto aos aspectos de Declividade, o mapa foi elaborado com base nas informações da base cartográfica na escala 1:10.000, especificamente nos dados de curvas de nível (de 5 em 5 metros) e pontos cotados.

Para a definição das classes, foi adaptado o método proposto pela EMBRAPA (1979), visando melhor dividir as classes com base nas características do município, que apresenta um relevo predominantemente plano. A declividade atua como fator controlador do processo erosivo, sendo o declive significativo no desenvolvimento de erosões, principalmente em áreas de classes elevadas; em Rio Claro por apresentar classes mais planas houve a divisão das menores classes, o *software ArcGis*, com o método *Natural Breaks*, propôs essa divisão das classes menores, uma vez que não seria de interesse analisar declives muito superiores a 20%, já que não há uma grande ocorrência na área de estudo. Dessa forma os intervalos estabelecidos foram: 0 – 3%; 3 – 8%; 8 – 12%; 12 – 20%; >20%. Para a elaboração do Mapa de Declividade, foram utilizadas as ferramentas *TIN* e *Surface Slope*, a qual possibilita criar polígonos que representam intervalos de valores de inclinação para superfícies trianguladas.

#### 5.2.2.4 Mapa de Uso da Terra






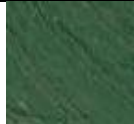

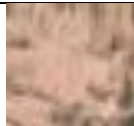


No ambiente do SIG/QGis, o mapa temático de Uso das Terras do perímetro urbano de Rio Claro foi elaborado a partir da Classificação Supervisionada de Imagens, permitindo-se identificar a distribuição dos diferentes usos do território. Vale salientar, que foi selecionado esse método de classificação porque é de fácil aplicação, além de ser mais rápido. Para a classificação, foi utilizada a imagem do *software SAS Planet* (2020), o qual possibilita fazer o *download* de imagens provenientes do *Google Earth* já georreferenciadas. Levando-se em conta que essas imagens se caracterizam pela alta resolução espacial (5 m), essas consistem em bases de dados fundamentais para mapeamentos de detalhes, necessários quando se trata de área urbana.




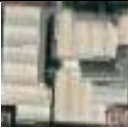
Diante disso, foram definidas 7 classes: vegetação arbórea, vegetação rasteira, cultivo, solo exposto, área permeável (áreas como praças e acompanhamento de vias), área residencial

e área edificada (vias e áreas industriais). O método de Classificação Supervisionada de Imagens consiste em informações fornecidas pelo usuário por meio de amostras de treinamento que representam a variação espectral de cada classe. Assim, a partir da delimitação do conjunto de pixels que apresentam determinada semelhança em relação a certo atributo o programa realiza a classificação da imagem. Com a ferramenta/*plugin Semi-Automatic Classification Plugin (SCP)*, foram colhidas 20 amostras de cada classe, com o objetivo de selecionar toda a variabilidade espectral de cada classe. O classificador utilizado foi o de Máxima Verossimilhança, pois apresentou melhores resultados, em comparação aos outros classificadores disponíveis, sendo eles: Mínima distância e Ângulo Espectral do Mapa. Apesar do cuidado em selecionar amostras que abrangessem a diversidade espectral existente em cada classe, o classificador fez algumas confusões entre elementos distintos, uma vez que, a resposta espectral dos alvos é parecida, mas isso não prejudicou o resultado final do mapa.

Como já destacado, o algoritmo fez algumas confusões, mas o resultado final atingiu a Exatidão Global de 73% e o Índice *Kappa* de 0,66, que segundo a interpretação de Landis e Koch (1977), configuram esse resultado como com concordância substantiva, sendo assim, resultados muito bons. Para fins de validação, foi utilizado o Mapa de Uso e Ocupação das Terras da Área Urbanizada de Rio Claro, realizado por Fornazieiro (2020), esse que foi validado com trabalhos de campo.

Tabela 3: Características das amostras e aspectos de cada classe de uso na imagem

Classe	Descrição	Características	Imagem Google
Vegetação Arbórea 	Áreas compostas por árvores de médio e grande porte	Cor: Verde escuro Textura: rugosa Bordas irregulares	
Vegetação Rasteira 	Áreas formadas por vegetação de pequeno porte	Cor: Verde claro Textura: lisa Bordas irregulares	
Cultivo 	Áreas destinadas a plantações	Cor: Verde Textura: rugosa Bordas regulares	
Solo Exposto 	Áreas nas quais a cobertura vegetal foi retirada, deixando apenas o solo sem proteção	Cor: Bege, laranja claro Textura: lisa Bordas irregulares	
Área Permeável 	Praças, áreas alagadas, acompanhamento de vias	Cor: verde claro Textura: média rugosa Bordas irregulares	

Área Residencial 	Áreas compostas principalmente por residências	Cor: avermelhada, cinza claro Textura: lisa Bordas regulares (geométricas)	
Área Edificada 	Áreas industriais, comerciais e vias	Cor: Cinza e branco Textura: lisa Bordas regulares (geométricas)	

Fonte: elaborado pela autora (2020)

### 5.2.3 Análise Multicritérios

Para a análise integrada dos mapas foi aplicado o método de Análise Multicritério. Esse método é aplicado no ambiente do SIG/*ArcGis*, através da integração de variáveis temáticas, selecionando-se de modo hierárquico os dados pertinentes para a análise da erosão. O problema da subjetividade pode ser diminuído com técnicas de ajuste ou calibração, quando são avaliados os parâmetros envolvidos (MOURA, 2007).

Segundo Briozo *et al.* (2015) o procedimento de análise de multicritérios se baseia na lógica da composição de um SIG: definição do problema; seleção das principais variáveis que caracterizam um fenômeno, produzindo um recorte metodológico de simplificação da complexidade espacial; interpretação da realidade conforme diferentes variáveis; identificação das restrições e dos critérios; divisão em partes com menos complexidade, dos planos de análise em resoluções espaciais convenientes para as fontes dos dados e para os objetivos a serem atingidos; combinação das camadas de variáveis, integradas na forma de um sistema, que traduza a complexidade da realidade.

Para este trabalho propõe-se analisar quatro variáveis: geologia, pedologia, declividade e uso e ocupação da terra. De acordo, com o método de Análise Multicritérios, para cada variável foi estabelecida uma influência (em %) e para cada classe temática foram atribuídos pesos, numa ordem hierárquica (de 1 a 5), a fim de gerar um mapa de suscetibilidade à erosão.

Tabela 4: Variáveis temáticas e suscetibilidade à erosão (%)

Variável	Peso (0 - 100%)
Geologia (G)	45%
Pedologia (P)	10%
Declividade (D)	10%
Uso da Terra (UT)	35%
<b>Total</b>	<b>100%</b>

Fonte: elaborada pela autora (2020)

Tabela 5: Pesos estabelecidos para cada componente da legenda

VARIÁVEL	COMPONENTE DA LEGENDA	PESO (1 A 5)
Geologia	Serra Geral	1
	Corumbataí (litofácies siltito argiloso/arenoso)	2
	Tatuí	2
	Irati	3
	Rio Claro	4
	Depósitos Recentes	5
Classe de solo	Área urbana	1
	Gleissolos	1
	Latosolos	2
	Argissolos	3
	Neossolos	5
Declividade	0 – 3%	1
	3 – 8%	2
	8 – 12%	3
	12 – 20%	4
	>20%	5
Uso da Terra	Vegetação Arbórea	1
	Área Residencial	1
	Área Edificada	1
	Vegetação Rasteira	2
	Áreas Permeáveis	3
	Cultivo	4
	Solo Exposto	5

Fonte: elaborada pela autora (2020)

Os pesos das classes de Geologia foram atribuídas considerando-se as características sobre a fragilidade das Formações Geológicas, presentes no item 4.6; a declividade seguiu os parâmetros das classes propostos por Salomão (1999) utilizando a definição da EMBRAPA (1979), apresentado na tabela 2, com as adaptações explicadas no item 5.2.2.3; as classes do solo seguiram a metodologia proposta por Salomão (1999) e Ross (2005), presente na tabela 1; e por fim, as classes de uso da terra foram avaliadas a partir do impacto da classe no solo, áreas com cobertura vegetal arbórea tendem a desacelerar o escoamento superficial, sendo mais difícil ocorrer transporte de sedimentos, e as áreas impermeabilizadas (residencial e edificada) não há infiltração, sendo assim apresentam suscetibilidade muito baixa à erosão, áreas com vegetação rasteira, ocorre transporte de sedimentos, mas ainda com baixa intensidade, as áreas permeáveis são locais onde há infiltração de água porém nem sempre estão com cobertura vegetal (como por exemplo áreas de acompanhamento de vias), o cultivo se apresenta com alta suscetibilidade, pois há a constante retirada da camada vegetal, com períodos de exposição sem cobertura, e por último, áreas com solo exposto, são altamente suscetíveis pois não há proteção do solo.

### 5.2.3.1 Processo Analítico Hierárquico

O Processo Analítico Hierárquico, em inglês *Analytic Hierarchy Process* (AHP), apresenta uma metodologia voltada para solução de problemas de escolha (opção), aplicada para diversas situações onde existam estruturas complexas. O método AHP explora matematicamente comparações pareadas entre fatores em conjunto com as decisões e pesos de especialistas para avaliar critérios qualitativos ou intangíveis. Assim, são apontados fatores que são organizados hierarquicamente, de modo geral descendentes, até alcançar o objetivo ou solução para o problema (SAATY, 1990).

O método AHP, consiste em três etapas principais: definição da hierarquia, análise de prioridade e verificação de consistência. Apesar de apresentar métodos matemáticos de análise, ainda é possível notar um nível de subjetividade, uma vez que as decisões e as preferências tomadas por quem decide possuem pesos proporcionais ao grau de importância dado as variáveis. Assim, os pesos serão atribuídos aos diferentes critérios e alternativas que caracterizam uma decisão, possibilitando escolher a melhor alternativa ao problema (SAATY, 1990).

Nesse trabalho, o método AHP foi utilizado por meio de um *site* que apresenta uma calculadora, que propõe analisar os pares dos critérios escolhidos, realizando comparações entre os pares considerando a importância de um em detrimento do outro (figura 6).

Figura 6: Comparação dos critérios segundo as prioridades

**Pairwise Comparison**

6 pairwise comparison(s). Please do the pairwise comparison of all criteria. When completed, click *Check Consistency* to get the priorities.

With respect to *AHP priorities*, which criterion is more important, and how much more on a scale 1 to 9?

	A - wrt AHP priorities - or B?	Equal	How much more?
1	<input type="radio"/> Pedologia <input checked="" type="radio"/> Geologia	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input checked="" type="radio"/> 9
2	<input checked="" type="radio"/> Pedologia <input type="radio"/> Declividade	<input type="radio"/> 1	<input checked="" type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
3	<input type="radio"/> Pedologia <input checked="" type="radio"/> Uso da Terra	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input checked="" type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
4	<input checked="" type="radio"/> Geologia <input type="radio"/> Declividade	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input checked="" type="radio"/> 9
5	<input checked="" type="radio"/> Geologia <input type="radio"/> Uso da Terra	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input checked="" type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
6	<input type="radio"/> Declividade <input checked="" type="radio"/> Uso da Terra	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input checked="" type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9

CR = 0% Please start pairwise comparison

AHP Scale: 1- Equal Importance, 3- Moderate importance, 5- Strong importance, 7- Very strong importance, 9- Extreme importance (2,4,6,8 values in-between).

Fonte: AHP Priority Calculator, elaborado pela autora (2020)

Assim, foram inseridos os critérios previamente avaliados (Geologia, Pedologia, Uso da Terra e Declividade) e por meio de comparações, foram estabelecidas prioridades avaliadas

entre 1 a 9, sendo 1 igual importância e 9 extrema importância. Após esse processo, o *site* gera automaticamente os resultados de prioridades (figura 7).

Figura 7: Resultados das prioridades

**Priorities**

These are the resulting weights for the criteria based on your pairwise comparisons:

Cat		Priority	Rank	(+)	(-)
1	Pedologia	6.2%	3	1.6%	1.6%
2	Geologia	58.9%	1	21.6%	21.6%
3	Declividade	4.3%	4	1.4%	1.4%
4	Uso da Terra	30.7%	2	9.4%	9.4%

Number of comparisons = 6  
Consistency Ratio CR = 5.8%

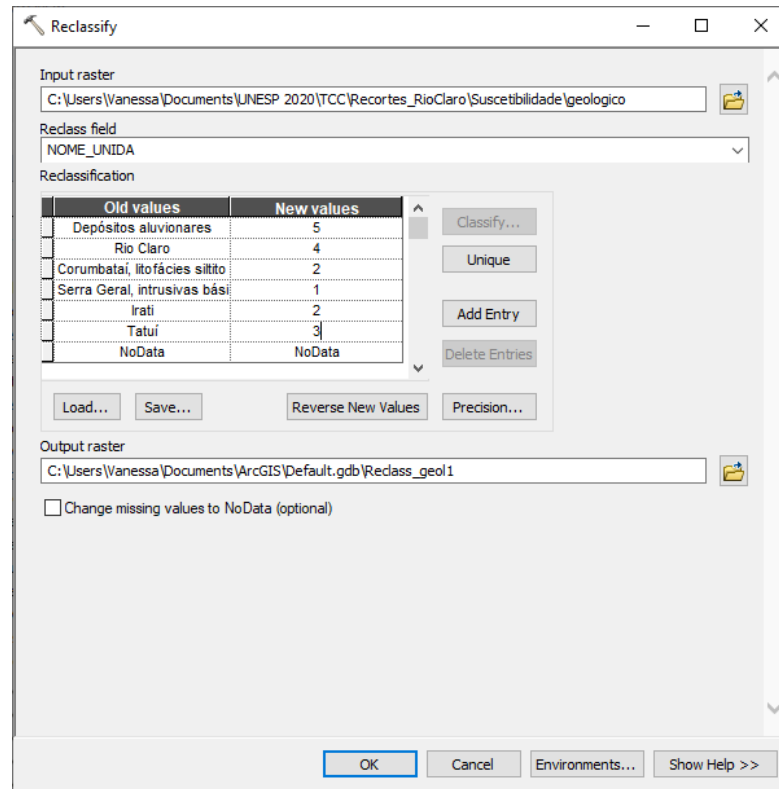
Fonte: AHP Priority Calculator, elaborado pela autora (2020)

O resultado final obtido foi que a Geologia tem maior importância, seguida pelo Uso das terras, Pedologia e, por último, a Declividade. Os pesos das legendas seguem os apresentados na tabela 5, uma vez que não há diferença nos componentes da legenda, ocorre apenas uma mudança da metodologia aplicada nas influências de cada variável.

#### 5.2.4 Mapa de suscetibilidade à erosão

O primeiro procedimento realizado para a elaboração do mapa de suscetibilidade à erosão foi a reclassificação dos componentes da legenda, de acordo com as definições evidenciadas na Tabela 5 (Item 5.2.3). Para este processo foram seguidas seguintes etapas: *ArcToolbox* → *Spatial Analyst Tools* → *Reclass* → *Reclassify*; dessa forma, foram feitas as mudanças dos pesos para cada item nos critérios avaliados (figura 8).

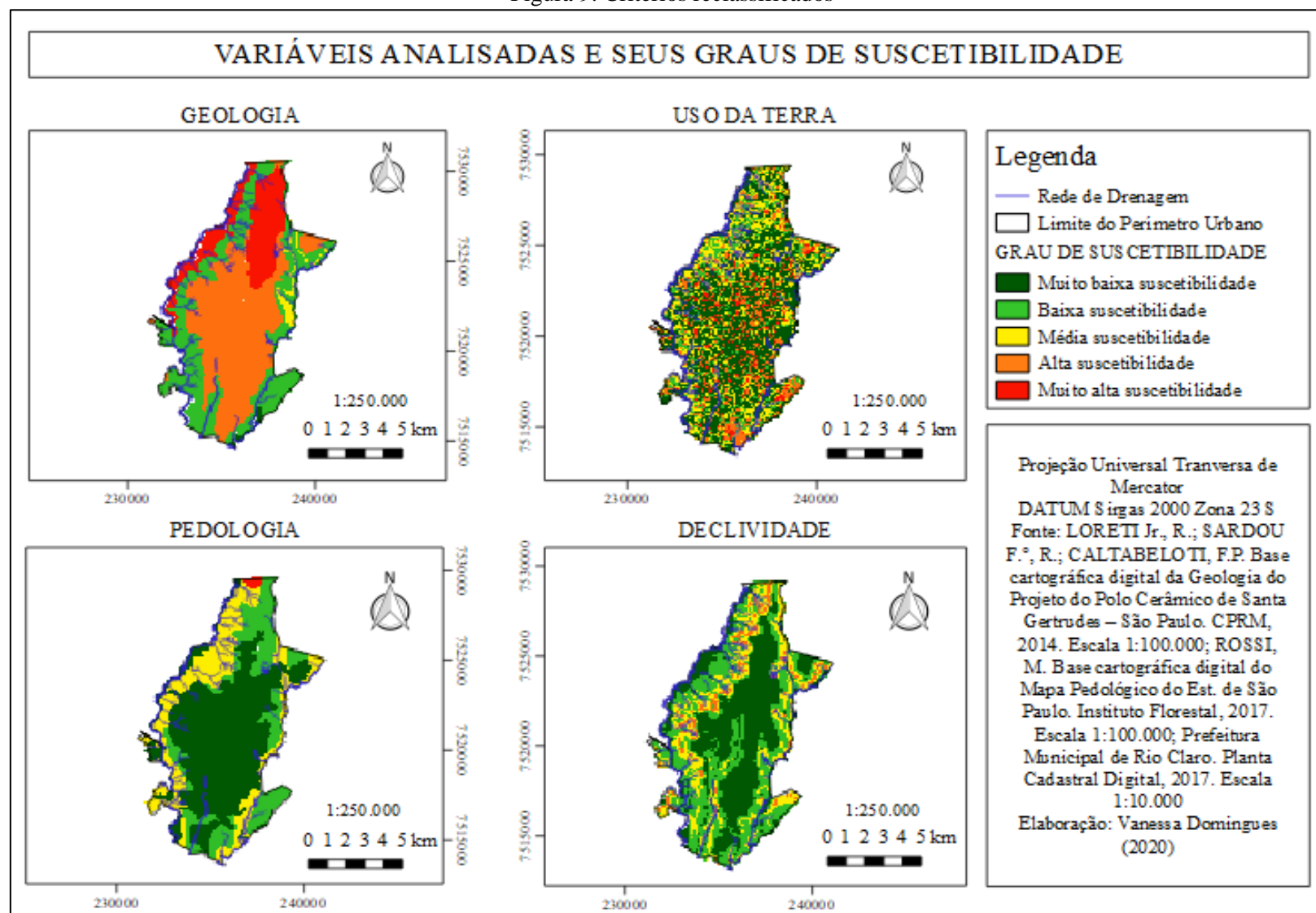
Figura 8: Ferramenta Reclassify



Fonte: elaborado pela autora (2020)

Esse processo foi repetido para os quatro critérios avaliados nesse trabalho, sendo obtidos os seguintes resultados (figura 9).

Figura 9: Critérios reclassificados



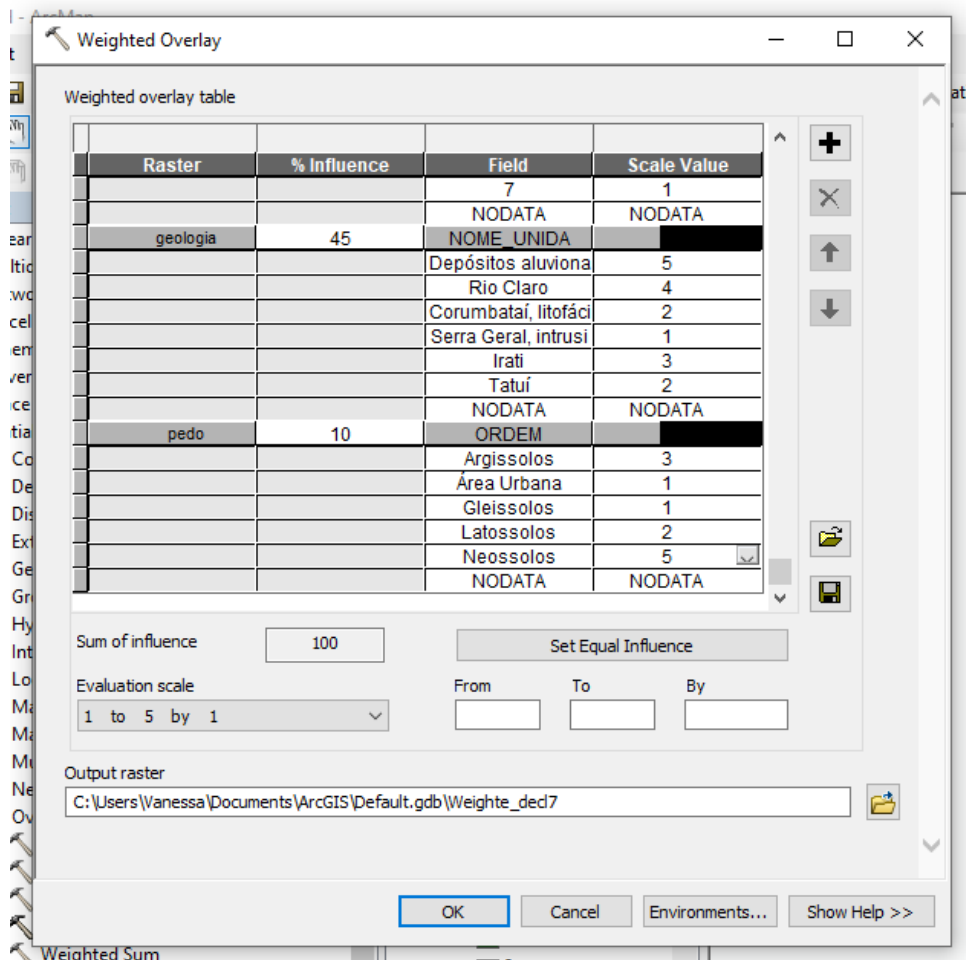
Fonte: elaborado pela autora (2020)

Para a composição do mapa final de suscetibilidade à erosão foi utilizada a ferramenta *Weighted Overlay*, do *Software ArcGis*. Essa ferramenta possibilita sobrepor várias camadas, utilizando diferentes pesos para cada critério de acordo com suas importâncias, gerando o mapa desejado.

O processo utilizado foi o seguinte: na *ArcToolbox* → *Spatial Analyst Tools* → *Overlay* → *Weighted Overlay*. Na tela da ferramenta *Weighted Overlay*, foram inseridas as camadas desejadas (*Input Raster*), selecionando-se a coluna de informações necessária para a análise (*Input Field*).

Após a inserção das camadas temáticas, foram atribuídos os pesos a cada variável. No campo *%Influence* foram colocadas as porcentagens de importância de cada critério. Em *Field* foram carregadas as classes dos mapas temáticos, e por último, em *Scale Value* foram colocados os pesos para cada componente da legenda (figura 10).

Figura 10: Atribuição de pesos



Fonte: elaborado pela autora (2020)

Foram realizados 14 testes alterando os pesos das categorias analisadas a fim de se obter a melhor representação da realidade, chegando à conclusão de que a melhor representação das influências é a apresentada na tabela 4.

Tanto para o mapa de suscetibilidade à erosão por observações empíricas quanto para o mapa do método AHP, foram realizados os mesmos procedimentos, apenas variando os pesos das variáveis já explicados anteriormente, no primeiro mapa foram utilizados os pesos apresentados na tabela 4, e para o segundo mapa as influências da figura 7.

#### 5.2.5 Fotointerpretação

Outro método que foi aplicado é o da fotointerpretação, que consiste em “criar correlações entre os elementos determinados na imagem e elaborar hipóteses interpretativas” (PANIZZA; FONSECA, 2011, p. 37). A fotointerpretação tende a seguir algumas regras, sendo mais metódica e sistemática, primeiramente identificando objetos conhecidos, e depois os desconhecidos. Assim, de acordo com o objetivo do trabalho, foi realizada a interpretação e validação das informações obtidas no mapa resultante da etapa de Análise Multicritérios, ou seja, o mapa da suscetibilidade à erosão linear na área de estudo. A fotointerpretação foi efetuada com base em Ortofotos adquiridas da EMPLASA (2010), na escala original de 1:25.000, podendo-se atingir a escala de 1:1.000, com recursos de zoom, o que permitiu a visualização detalhada das feições; além disso foram utilizadas imagens do *Google Earth* (2020), permitindo-se estabelecer comparações entre os cenários, observando-se a evolução de possíveis feições erosivas. Essas imagens de alto nível de detalhe permitiram averiguar a veracidade dos resultados obtidos no mapa de suscetibilidade à erosão.

#### 5.2.6 Trabalho de Campo

Para a validação dos resultados, foram realizados trabalhos de campo na área urbana do município de Rio Claro, selecionando-se as áreas mais susceptíveis à erosão linear identificadas no mapa de suscetibilidade à erosão, com objetivo de caracterizar as feições erosivas e verificar a veracidade das informações obtidas.

## 6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Com base na realização dos procedimentos metodológicos foram obtidos dois mapas resultantes: um baseado em conhecimentos das características físicas e antrópicas da região e com base nas indicações obtidas através do levantamento bibliográfico, e outro de acordo com o método AHP.

### 6.1 Mapa de suscetibilidade

A elaboração desse mapa partiu de observações empíricas, em conjunto com a análise bibliográfica. Dessa forma, houve total influência do tomador de decisão, tornando o mapa final mais subjetivo.

Analisando o mapa resultante é possível perceber que a maior parte do perímetro urbano do município pertence a classe “Baixa suscetibilidade”, representando 46,24% da área, seguido pela classe “Média suscetibilidade” com 37,48%, em terceiro a classe “Alta suscetibilidade” com 15,11%; as classes “Muito baixa suscetibilidade” e “Muito alta suscetibilidade” juntas somaram pouco mais de 1%.

A classe de “Baixa suscetibilidade” é predominante nos setores sudoeste, central, leste e sudeste, as regiões sul e norte são compostas pela classe de “Média suscetibilidade”, a classe de “Alta suscetibilidade” está dispersa com pontos em diversas regiões, mas principalmente na porção norte.

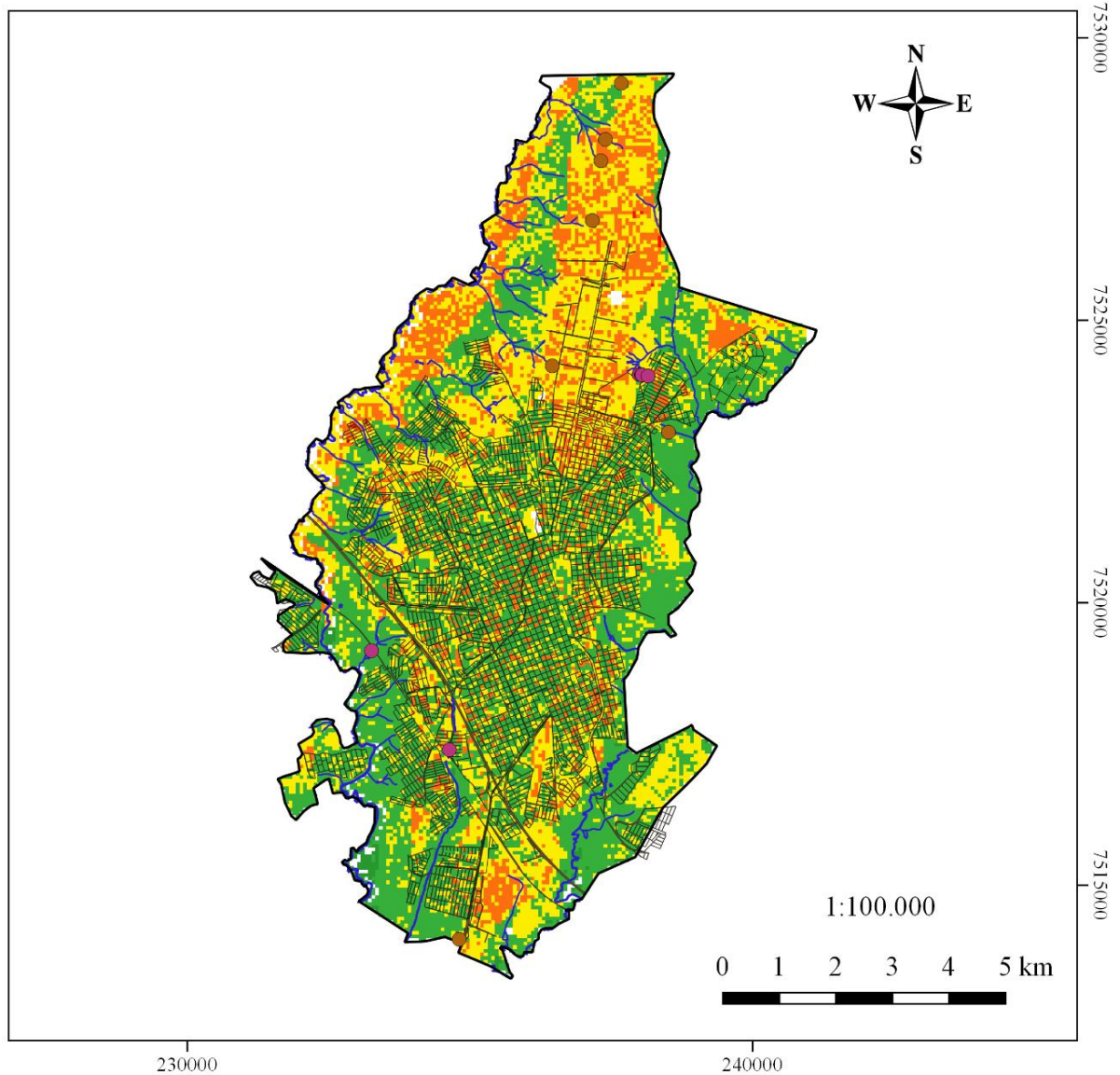
Considerando os pontos catalogados pelo IPT (2012) foi possível verificar que 3 desses se localizam na área “Baixa suscetibilidade”, 7 pontos em setores de “Média suscetibilidade” e 2 pontos estão em porções com “Alta suscetibilidade”.

Os condicionantes naturais à erosão devem ser analisados correlacionados entre si e conjuntamente com a atuação antrópica para que se tenha a percepção de como o homem tem interferido de modo a contribuir para a degradação dos solos. Um fator que influenciou a predominância da classe de “Baixa suscetibilidade” é que grande parte da área analisada está inserida na área urbana, na qual é majoritariamente impermeabilizada. A área urbana também apresenta feições erosivas, mas constituem-se numa parcela muito pequena, quando comparada com aquelas observadas nas áreas de pastagem.

A impermeabilização excessiva que ocorre nas áreas urbanas faz com que parte do ciclo natural das águas das chuvas, sobrecarregue o sistema de escoamento e comprometa ainda mais, a qualidade das águas. As águas procuram áreas para se infiltrar, e encontram no periurbano, assim os maiores processos erosivos ocorrem no limite da área urbanizada.

Porém, nessa conjuntura, pensando na qualidade ambiental urbana, sendo a erosão um dos fatores estudados, pode-se notar que nesse ambiente urbano, a suscetibilidade à erosão não é um fator tão determinante para prejuízos urbanos e ambientais, uma vez que grande parte está inserida na classe de baixa suscetibilidade.

Figura 11: Suscetibilidade à erosão Linear no Perímetro Urbano de Rio Claro (SP)



### Legenda

- Pontos de erosão urbana
  - Pontos de erosão rural incluídos no perímetro urbano
  - Limite do perímetro urbano
  - Rede de Drenagem
  - Arruamento
- GRAU DE SUSCETIBILIDADE
- Muito baixa suscetibilidade
  - Baixa suscetibilidade
  - Média suscetibilidade
  - Alta suscetibilidade
  - Muito alta suscetibilidade

Projeção Transversa de Mercator  
 DATUM Sirgas 2000 Zona 23 S  
 Fonte: IPT (2012)  
 Elaborado por: Vanessa  
 Domingues (2020)

Fonte: elaborado pela autora (2020)

## 6.2 Mapa de suscetibilidade pelo Método AHP

Seguindo a metodologia proposta no item 5.2.3.1 Processo Analítico Hierárquico, foi obtido um mapa de suscetibilidade à erosão linear.

Observando a distribuição das classes foi possível notar o predomínio da classe de “Média suscetibilidade” com 44,62% da área estudada, em segundo lugar aparece a classe “Baixa suscetibilidade” com 30,62%, logo após a classe “Alta suscetibilidade” com 23,9%, e as classes “Muito baixa” e “Muito alta” suscetibilidades, juntas não somam 1%.

Analisando os pontos de erosão cadastrados pelo IPT (2012), esses estão divididos em três classes, a saber: 3 pontos se encontram na área de “Baixa suscetibilidade”, 4 pontos em “Média suscetibilidade” e 6 pontos em “Alta suscetibilidade”.

A classe de “Baixa suscetibilidade” é predominante nas porções leste e sudoeste, bem próximas ao limite do perímetro urbano, todo o setor central é composto por área de “Média suscetibilidade”, a classe de “Alta suscetibilidade” está presente nas regiões norte e noroeste.

As áreas que apresentam Média e Alta suscetibilidades, são explicadas a partir da sobreposição de geologias friáveis (Formação Rio Claro e Depósitos Recentes), com altas notas para as classes apresentadas na área, e com áreas sem cobertura vegetal natural, destinadas para cultivo e também para pastagens, além de áreas com solo exposto.

No cálculo do Método AHP, os fatores Pedologia e Declividade, foram estabelecidos como de baixa influência na área, uma vez que, em suas classes prevalecem os graus “Muito baixa suscetibilidade” e “Baixa suscetibilidade”, sendo assim, interferem pouco na dinâmica erosiva.

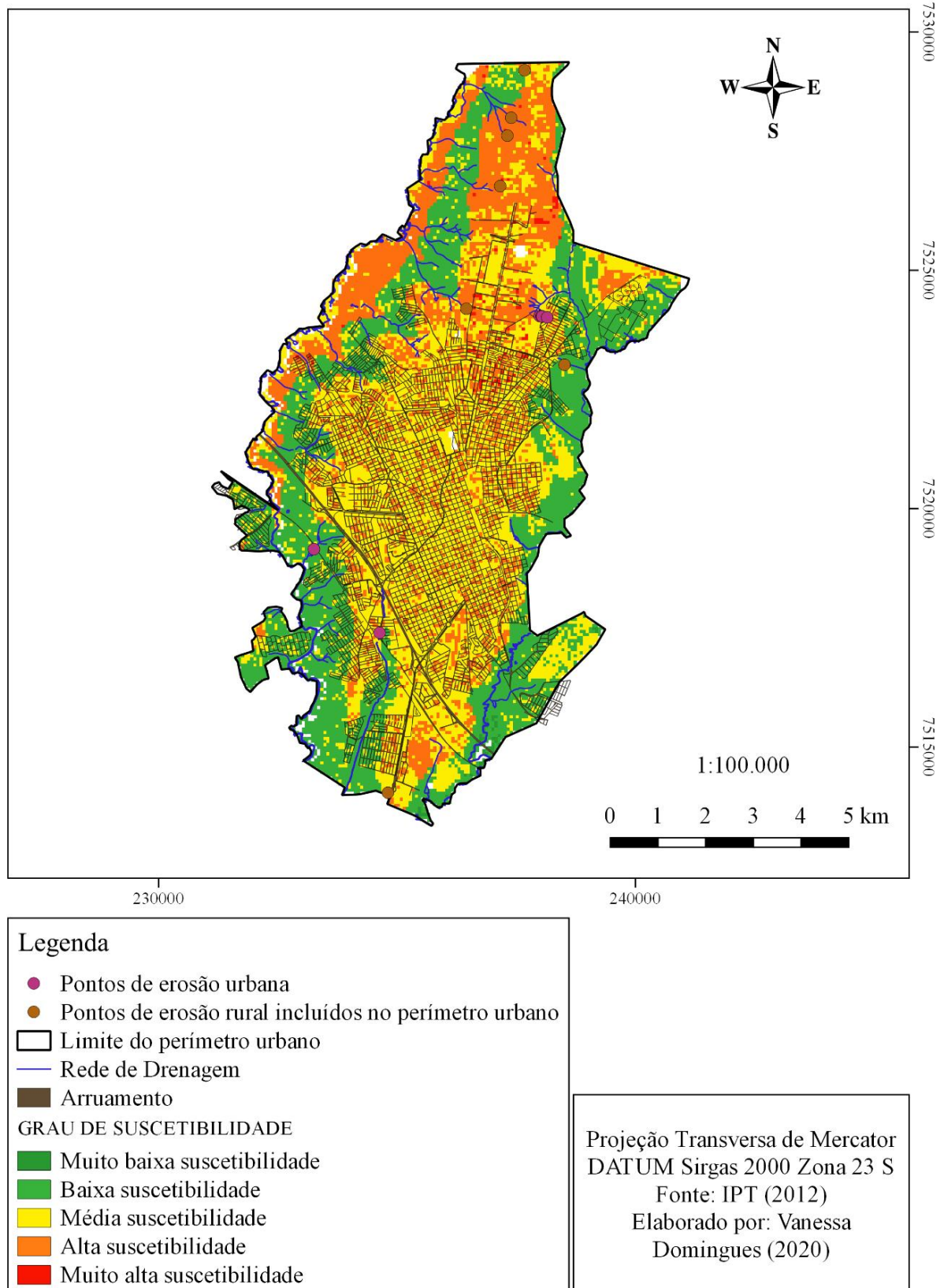
Sendo a Geologia o critério mais importante nessa análise, vale ressaltar as características das Formações Geológicas na região que explicam os resultados adquiridos. A Formação Rio Claro, presente em grande parte da área estudada, possui características arenosas, o que a torna mais propícia à erosão, uma vez que solos arenosos, devido à alta porosidade e baixa coesão, são mais fáceis de erodir. Além disso, na porção localizada mais ao norte do perímetro urbano há a presença dos Depósitos Recentes, nos quais frequentemente há a existência de água junto aos Depósitos.

Os materiais agregados da Formação Rio Claro (formação predominante na área urbana) são complexos, possuindo composição e granulação diferenciadas, associada à atividade antrópica, ou seja, fatores que elevam a probabilidade de ocorrência de eventos erosivos.

Outro aspecto importante analisado se refere às regiões onde houve a retirada da cobertura vegetal natural, sendo substituídas por cultivos ou pastagens, o que intensifica episódios erosivos, e também, em áreas cujos solos estão em locais onde estão expostos a um ambiente que favorece a atuação dos processos erosivos em decorrência da geologia.

Esse método, apesar de apresentar dados mais de caráter estatístico, ainda possui influência do tomador de decisões, o que pode gerar algumas incoerências. Contudo, após a análise foi possível perceber que o resultado final condiz com a realidade, considerando-se as influências de cada critério utilizado. Sendo assim, nesse cenário, onde a Geologia tem uma importância muito superior em relação às outras variáveis, a presença, em grandes áreas, de unidades geológicas mais suscetíveis à erosão, causa o aumento da probabilidade de eventos erosivos.

Figura 12: Suscetibilidade à erosão linear utilizando o Método AHP



Fonte: elaborado pela autora (2020)

### 6.3 Fotointerpretação

Os resultados obtidos dos mapas gerados com a Ortofoto (2010) da Emplasa e com as imagens do Google Earth (2020) foram comparados, a fim de constatar se as regiões demonstradas nos mapas como suscetíveis realmente apresentam as fragilidades sugeridas.

O que foi percebido é que em algumas regiões, principalmente na área urbana onde os solos são impermeabilizados não há a ocorrência de processos erosivos, e não se caracteriza como de “Média suscetibilidade” como apontado pelo mapa elaborado a partir do Método AHP.

Também foram considerados os pontos de erosão mapeados pelo IPT (2012), sendo que alguns desses foram identificados, a partir da interpretação das imagens aéreas, em locais com cobertura vegetal, onde a possibilidade de ocorrer eventos erosivos é menor.

Outra questão observada, é em relação a suscetibilidade erosiva apresentada ao longo do Rio Corumbataí, na qual, deveria ter uma Área de Proteção Permanente (APP), protegendo toda extensão do Rio. Em ambos os mapas de suscetibilidade elaborados, parte do rio é margeada por áreas com grau “Média suscetibilidade”, e outra parte margeada por áreas de “Baixa suscetibilidade”. A partir da fotointerpretação foi possível constatar que algumas áreas no entorno das drenagens, não é respeitada a distância adequada de proteção (30 metros); dessa forma, áreas que deveriam estar protegidas por vegetação, foram desmatadas e algumas apresentam pontos de erosão, devido à proximidade de construções e falta de cobertura vegetal.

### 6.4 Trabalho de Campo

Para caracterizar as áreas de ocorrência de processos erosivos lineares, bem como para validar o mapa de suscetibilidade, foram escolhidos sete pontos para a visita, a partir de análises efetuadas através da fotointerpretação, em conjunto com os resultados obtidos nos mapas de suscetibilidade, além da seleção de alguns pontos já cadastrados pelo IPT (2012). Desse modo, na tabela 6, apresentam-se as coordenadas das áreas visitadas, usando como sistema de referência DATUM Sirgas 2000 Zona 23 S.

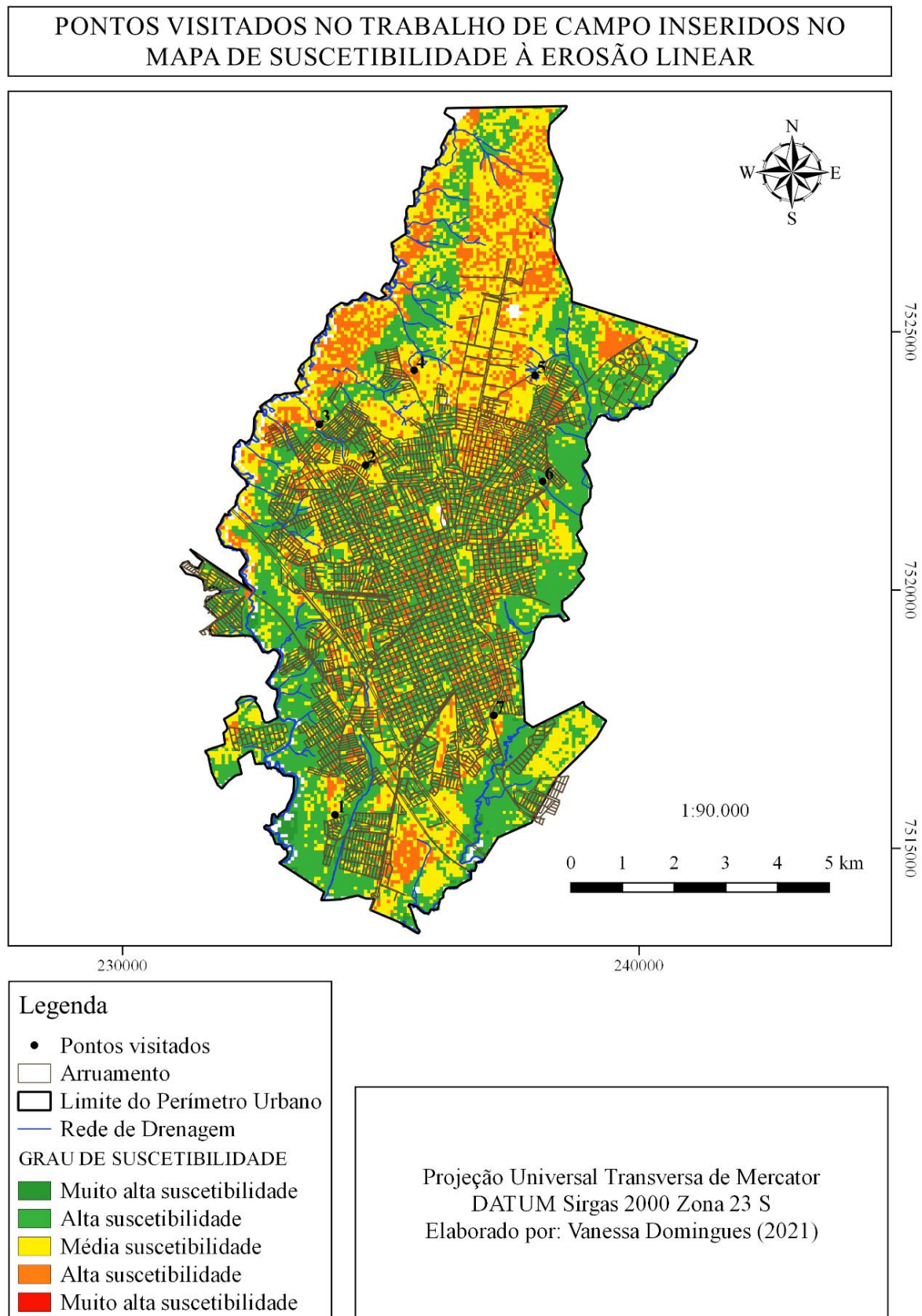
Tabela 6: Localização das áreas visitadas

Número	Nome	Longitude	Latitude
1	Vila Romana	234.113	7.515.651
2	Córrego Jacutinga Trecho canalizado	234.706	7.522.420
3	Córrego Jacutinga Trecho não canalizado	233.811	7.523.208
4	Córrego Sobrado	235.647	7.524.254
5	Voçoroca Mãe Preta	237.985	7.524.158
6	Vila Nova	238.137	7.522.103
7	Córrego Conduta	237.190	7.517.575

Fonte: elaborado pela autora (2021)

A figura 13 demonstra a localização das áreas visitadas, associando-as ao mapa de suscetibilidade.

Figura 13: Localização das áreas visitadas no trabalho de campo no mapa de suscetibilidade à erosão linear



Fonte: elaborado pela autora (2021)

#### 6.4.1 Bairro Vila Romana

O primeiro local visitado foi no bairro Vila Romana, ao lado do Condomínio Residencial Monterrey. Esse ponto foi escolhido, pois foi possível visualizar na fotointerpretação das imagens do *Google Earth* que havia algum tipo de processo erosivo no local; além disso, de acordo com o mapa de suscetibilidade, essa área foi enquadrada numa zona de média suscetibilidade (figura 14).

Figura 14: Localização do local visitado na Vila Romana



Fonte: *Google Earth* (2020)

Nesta área, foi observado um processo de ravinamento, localizado a cerca de 50 a 100 metros longe da via; essa ravina tem profundidade em torno de 1,20 m, pequeno comprimento na sua parte central, mas persiste em um dos lados (avança para o lado esquerdo, com cerca de 50 metros; a litologia é arenosa, com areia fina-média, com presença de grânulos, com coloração amarronzada (figuras 15 e 16).

Figura 15: Aspecto da ravina



Fonte: acervo pessoal (2021)

Figura 16: Continuação da ravina



Fonte: acervo pessoal (2021)

Observou-se que em toda essa área há processos erosivos, com vários sulcos, e também ao longo do Condomínio Monterrey, há cerca de uns 3 metros de distância de um muro, foi possível observar sulcos e ravinas. Há bastante vegetação dentro das ravinas, com gramínea e pequenos arbustos, e também há grandes áreas de solo exposto. Nas figuras 17 e 18 é possível ver a ravina próxima ao Condomínio e também alguns sulcos.

Figura 17: Ravina próxima ao condomínio



Fonte: acervo pessoal (2021)

Figura 18: Sulcos erosivos



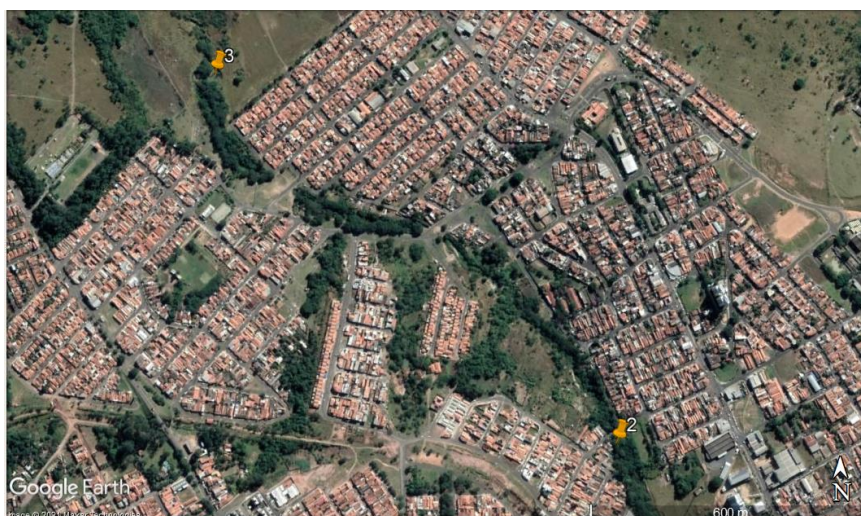
Fonte: acervo pessoal (2021)

Esses processos erosivos se encontram em um terreno que tem grande proximidade com uma área residencial e com uma via; também foi possível notar a presença de lixo, sendo uma área que as pessoas utilizam para descarte irregular.

#### 6.4.2 Córrego Jacutinga

O córrego Jacutinga, é um afluente do Rio Corumbataí, localizado na área urbana de Rio Claro. Ao longo deste córrego, foram analisadas duas áreas, sendo a primeira (número 2) situada no bairro Jardim São Caetano, e a segunda (número 3) localizada no bairro Parque São Jorge (figura 19).

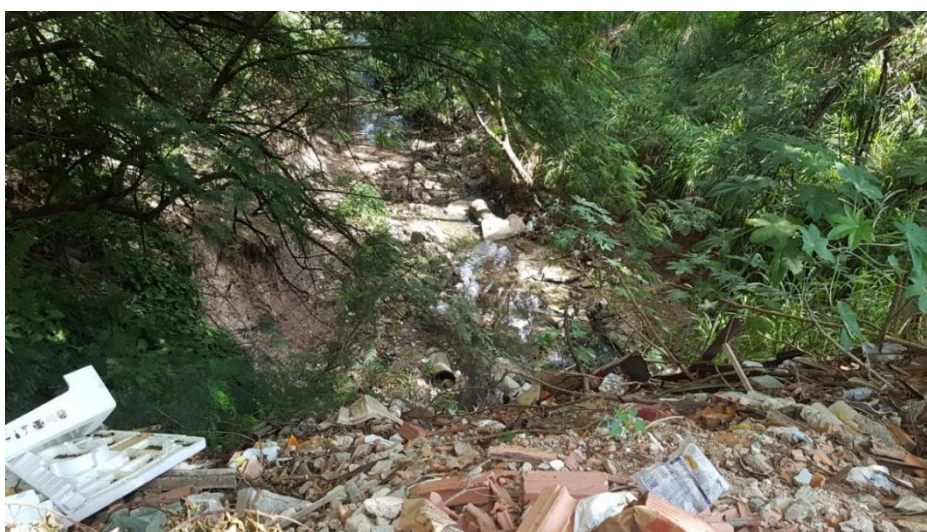
Figura 19: Localização dos pontos 2 e 3 ao longo do Córrego Jacutinga



Fonte: Google Earth (2020)

Algumas porções do Córrego Jacutinga, que se situam em meio à área urbana, apresentam indícios de assoreamento, já outras porções caracterizam processos de erosão. O ponto 2 (figura 19), por estar inserido no perímetro urbano do município de Rio Claro, apresentou uma forte influência antrópica sobre o rio. Tal afluyente denota significativos problemas ambientais causados pelo excesso de dejetos de origem antrópica e de sedimentos de deposição natural. A água está visivelmente poluída e a dinâmica do córrego muito comprometida. A figura 20 expõe a ação humana no córrego, podendo-se verificar o descarte de lixo no local.

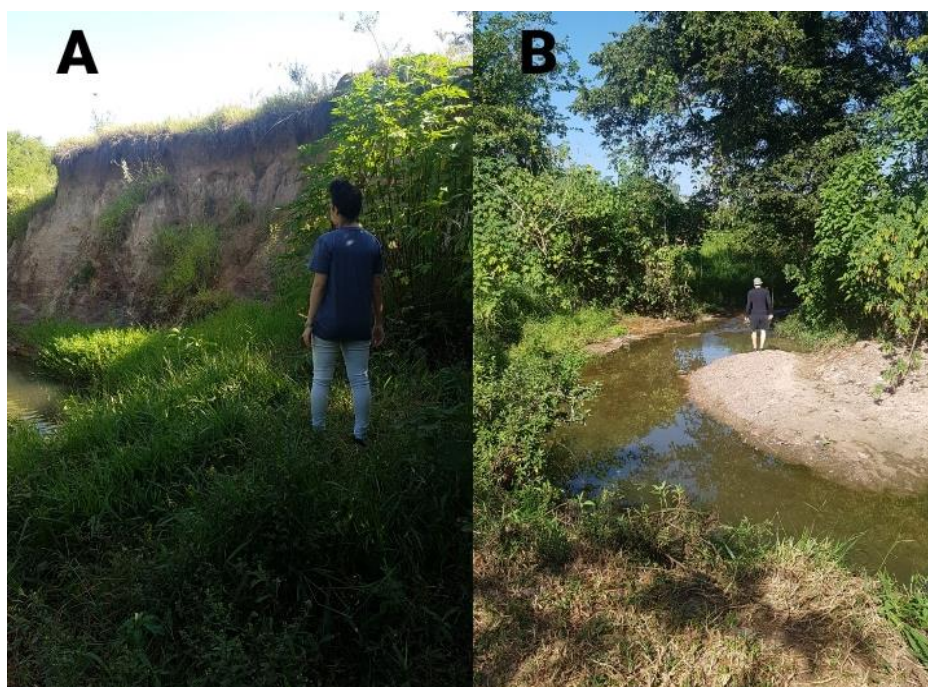
Figura 20: Descarte de lixo no Córrego Jacutinga



Fonte: acervo pessoal (2021)

No ponto 3 visitado no córrego (figura 19), foi possível observar grandes paredões laterais devido à grande erosão proveniente das interferências antrópicas ocorridas no perímetro urbano, uma vez que, em trecho anterior a esse o córrego é canalização, sendo assim há o aumento da energia da água, então a partir do ponto que não há mais a canalização do córrego, a água perde energia e provoca erosões na área. Também, foi possível observar uma barra arenosa, na margem de deposição, que causa assoreamento no local. A imagem 21 apresenta o paredão lateral (A), e o assoreamento no local (B).

Figura 21: Paredão lateral e assoreamento do córrego



Fonte: acervo pessoal (2021)

O primeiro local (ponto 2) observado no córrego se apresenta em uma região de média suscetibilidade erosiva, e a segunda área visitada (ponto 3) visitada possui alta suscetibilidade, segundo o mapa de suscetibilidade (figura 13).

#### 6.4.3 Córrego Sobrado

A terceira visita ocorreu nas proximidades do Córrego Sobrado, onde foi possível observar processos erosivos com sulcos e ravinas. O local é formado por loteamentos, nos quais não há cobertura vegetal, apenas alguns pontos com vegetação rasteira. A figura 22 apresenta a localização do ponto visitado, sendo possível visualizar os loteamentos no local, nos quais, predominantemente, não há cobertura vegetal, além de se observar a proximidade com as vias.

Figura 22: Localização do ponto 4



Fonte: *Google Earth* (2020)

Nesse local existe grande quantidade de ravinas (próximas às ruas do plano de loteamento) que se interligavam, formando feições erosivas lineares em “V”, onde afloravam litologias das Formações Rio Claro e Corumbataí. Nas ravinas, as regiões que apresentavam maior declividade caracterizavam uma porção de intensa erosão, enquanto nas porções de menor declividade (patamares) se depositavam alguns sedimentos, sendo esse processo encontrado dentro das próprias ravinas. Na figura 23, visualiza-se uma das ravinas presentes no local, sob dois pontos de vista, ou seja, um deles evidencia a base da ravina (A), e o outro apresenta a erosão vista de cima da ravina (B).

Figura 23: Ravina próxima ao Córrego Sobrado



Fonte: acervo pessoal (2021)

As ravinas observadas possuem elevada profundidade, com cerca de 2 metros de altura. Os sulcos variam sua profundidade, e não passam de 50 cm. Dentro da ravina tem uma litologia formada, predominantemente, de siltitos pastilhados da Formação Corumbataí. É possível observar o contato das Formações Rio Claro e Corumbataí, sendo observada areia da Fm. Rio Claro e siltitos da Fm. Corumbataí. Na figura 24 é possível notar a diferença litológica do local.

Figura 24: Zona de contato entre as Formações Rio Claro e Corumbataí



Fonte: Acervo pessoal (2021)

Até 2018, a área possuía ruas de terra, sem asfaltamento, sendo assim, os processos erosivos que ocorriam na área eram grandes responsáveis pelo transporte de sedimentos até os afluentes e ao Rio Corumbataí. Atualmente a área se encontra pavimentada, o que pode aumentar ainda mais a erosão ao longo do Córrego Sobrado, uma vez que em áreas impermeabilizadas há uma maior velocidade do escoamento e maior energia das águas, sendo assim é necessário que haja alguma intervenção para que ocorra a diminuição dessa energia.

De acordo com mapa de suscetibilidade (figura 13), a área como um todo se encaixa em média e alta suscetibilidade.

#### 6.4.4 Voçoroca Mãe Preta

Um dos pontos mais emblemáticos de Rio Claro é representado pela voçoroca Mãe Preta. A voçoroca Mãe Preta está localizada no bairro Parque Mãe Preta, é limitada pelo Ribeirão Claro e drenada pelo Córrego Cachoeirinha, encontrando-se em uma zona de contato entre as formações Rio Claro e Corumbataí.

O início da formação da voçoroca se deu por volta da década de 1970, em função da ocupação antrópica, com a remoção da mata original do local e entorno. No início da década de 1980, se iniciaram as obras para a implantação do bairro em uma grande área de solo exposto. Em 1981 teve início o plano de loteamento do bairro. Já 1988, o arruamento já se apresentava bem definido e alguns lotes com edificações já eram observados. No local também se instalou uma indústria, além de uma área de pastagem no entorno do bairro. Os usos da terra nas proximidades da voçoroca do bairro Parque Mãe Preta passaram a ser diversos, encontrando-se indústrias, loteamentos e bairros residenciais. (PREISKORN, 2001; MELLO, 2018).

A figura 25 apresenta a evolução da ocupação territorial no entorno da voçoroca Mãe Preta. A: 1972, B: 1988, C: 1995.

Figura 25: Evolução da Voçoroca Mãe Preta (1972 a 1995)



Fonte: A: IBGE (1972), B: IBGE (1988), C: IBGE (1995)

Atualmente, a voçoroca possui aproximadamente 600 metros de largura e uma profundidade de 25 metros; a figura 26 mostra como se encontrava a voçoroca em 2020.

Figura 26: Aspecto da voçoroca Mãe Preta em 2020



Fonte: *Google Earth* (2020)

A voçoroca em questão se associa principalmente à terrenos arenosos da Formação Rio Claro, onde há grande suscetibilidade erosiva devido sua constituição litológica e geomorfológica que é agravada pelo recente processo de urbanização que se desenvolveu no entorno da área. Ou seja, fatores físicos aliados a ocupação desenfreada e sem adequado planejamento do uso do local, culminaram em um acelerado processo de erosão.

O processo erosivo mais acentuado ocorre nas áreas com maior declividade e se dá, principalmente, pela ausência de vegetação, que faz com que as águas ganhem mais velocidade, retirando a camada de solo, como é possível notar na figura 27; também outro aspecto observado é a existência de vários sulcos erosivos em diversos lugares ao longo da voçoroca.

Figura 27: Sulcos erosivos



Fonte: acervo pessoal (2021)

A vegetação arbórea engloba quase todo o setor central da área. Já a vegetação rasteira e arbustiva predomina na parte sul e oeste. A pastagem está presente no setor norte e contrasta com as classes de vegetação arbórea e herbácea. A área construída se destaca na parte leste, com algumas manchas em outros setores. O arruamento se localiza nos setores leste e sul. Há também setores de solo exposto dispersos por toda a área. No geral, a área está bem vegetada (figura 28), sendo até difícil o acesso em alguns locais.

Figura 28: Cobertura vegetal dentro da voçoroca



Fonte: acervo pessoal (2021)

A voçoroca se apresenta numa região de média suscetibilidade de acordo com o mapa apresentado no item 6.4 (figura 13).

#### 6.4.5 Vila Nova

O quinto ponto visitado foi nas proximidades dos bairros Vila Nova e Jardim Bandeirantes. Segundo Zaine (2000), nesse local há um processo de voçorocamento, isso devido à ocorrência de falhas associadas a Formação Rio Claro. (figura 29).

Figura 29: Localização do ponto 6



Fonte: *Google Earth* (2020)

Na visita, não foi possível visualizar a voçoroca, devido a grande quantidade de cobertura vegetal de gramínea e arbustos, mas percebeu-se que ocorrem eventos erosivos nessa área. Na figura 30 é possível ver um sulco erosivo e o entorno coberto por vegetação.

Figura 30: Sulcos erosivos no local



Fonte: acervo pessoal (2021)

No local foram instaladas caixas de contenção e foram plantadas árvores também na tentativa de conter o avanço do processo (CUNHA, MORUZZI e BRAGA, 2009). É provável que a vegetação implementada anteriormente seja a responsável por haver poucas áreas de solo exposto, e o processo erosivo maior, a voçoroca, não estar visível.

Apesar do local estar inserido na classe de baixa suscetibilidade, segundo o mapa de suscetibilidade (figura 13) do item 6.4, há a presença de processos erosivos lineares, o que pode ser explicado por sua formação geológica (Rio Claro), além da influência antrópica.

#### 6.4.6 Córrego Conduta

O último ponto visitado foi no Córrego Conduta, localizado no bairro Jardim Conduta, próximo à divisa com o município de Santa Gertrudes (figura 31).

Figura 31: Localização do ponto visitado no Córrego Conduta



Fonte: *Google Earth* (2020)

O córrego tem parte canalizada e sua nascente se localiza abaixo de um edifício. A cabeceira do córrego afluía em voçoroca, e após o trecho que canalização foram feitos degraus a fim de diminuir a energia da água, tentando evitar processos erosivos ao longo do curso do córrego (MORAES *et. al*, 2009). Logo após o trecho canalizado, notou-se que mesmo com a presença dos degraus, ocorrem processos erosivos. Nas figuras 32 e 33 é possível ver os degraus utilizados para a diminuição da energia das águas.

Figura 32: Degrau para diminuição de energia da água



Fonte: acervo pessoal (2021)

Figura 33: Processos erosivos no córrego



Fonte: acervo pessoal (2021)

A influência antrópica nesse ponto é alta, pois no processo de ocupação do bairro, a nascente foi canalizada, houve a retirada da cobertura vegetal, ocorreu a alteração do fluxo d'água com a retificação pelas quadras e ruas e construção de estruturas de canalização da drenagem pluvial, entre outros processos que modificaram o córrego, a fim de atingir os objetivos da expansão urbana.

O ponto visitado se encaixa nas classes de suscetibilidade como média suscetibilidade, de acordo com o mapa (figura 13) do item 6.4.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A problemática dos processos erosivos em áreas urbanas é complexa e merece atenção do poder público e da sociedade. A retirada da cobertura vegetal e a impermeabilização do solo contribuem para o desenvolvimento das feições erosivas, criando um cenário de degradação. A constante expansão das cidades em áreas suscetíveis aos processos erosivos gera um desequilíbrio do meio natural.

Assim, percebe-se que os danos ao meio ambiente oriundos dos processos erosivos lineares afetam a qualidade de vida e geram riscos para a saúde e para a própria vida da população, demandando uma atuação preventiva e, em certos casos, mitigadora desses problemas por parte do poder público.

Alguns fatores se mostraram mais importantes na análise no município de Rio Claro, como a Geologia e o Uso da Terra, porém em outras localidades nem sempre serão esses fatores que se mostrarão de maior relevância, sendo assim é de extrema importância o conhecimento do local.

Após as validações feitas por meio da fotointerpretação e do trabalho de campo, tem-se que o mapa mais próximo da realidade é o das observações empíricas. O que pode ser explicado pela influência do tomador de decisões, que por meio de testes pode-se chegar em influências das classes que melhor se adequariam com a realidade.

No contexto do perímetro urbano de Rio Claro encontrou-se diversos casos de erosões lineares que se desenvolveram principalmente através do crescimento urbano desordenado associado à uma estrutura inadequada para condicionamento e escoamento das águas pluviais.

As Geotecnologias enquanto ferramenta de integração de dados de diversas fontes foi fundamental para o desenvolvimento deste trabalho, uma vez que foram utilizadas imagens, mapas temáticos, para obtenção de novas informações. O uso da Geotecnologia, no que se refere ao problema de erosão dos solos, pode ser entendido como sendo um inventário das condições ambientais e fatores/elementos que interferem neste processo. Diante disso, vale destacar que os modelos conjugados às tecnologias de sensoriamento remoto e SIG são instrumentos importantes para as conexões dos fragmentos da realidade, os quais permitem um maior conhecimento da mesma. Mas ainda há algumas limitações, pequenos erros que não condizem com a realidade, sendo necessário encontrar a melhor metodologia que se encaixe com os objetivos desejados na pesquisa.

A identificação de áreas de maior fragilidade ambiental serve de subsídio à elaboração e implementação de diretrizes que adaptem o uso da terra às características ambientais, ou

seja, a ocupação das terras ajustada aos parâmetros legais, atrelada à preservação dos ecossistemas.

Por fim, se vê a importância da criação e aplicação de um planejamento urbano que visualiza a particularidade do meio físico, as condições sociais e econômicas das tendências de desenvolvimento, são essenciais para o não aumento das áreas de risco. Possíveis prevenções e contenções para esses problemas se apresentam em projetos urbanos que contemplem um eficiente sistema de drenagem que distribua a água, amenizando a energia do escoamento superficial e a ocorrência dos processos erosivos. Outro cuidado que deve ser tomado é a não retirada da cobertura vegetal da área fonte de sedimentos.

## BIBLIOGRAFIA

ALVARENGA, M. I. N.; SOUZA, J. A. *Atributos do solo e impacto ambiental*. 2. ed. Lavras: UFLA: FAEPE, 1997. 205 p.

BADAHUR, K. C. K. *Mapping soil erosion susceptibility using remote sensing and GIS: a case of the Upper Nam Wa Watershed, Nan Province, Thailand*. Springer-Verlag, Environ Geol, may 2008, p. 695 – 705.

BIGARELLA, J.J., BECKER, R. D.; PASSOS, E. *Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais*. Ed. UFSC, v. 2, 1996, 875p.

BRAGA, J. O. *Alagamentos e inundações em áreas urbanas: estudo de caso na cidade de Santa Maria – DF*. Brasília, 2016. 33f. Monografia de graduação (Disciplina Prática e Pesquisa de Campo 2), - Departamento de Geografia, Instituto de Ciências Humanas, Universidade de Brasília.

BRAGA, R.; CARVALHO, P. F. C. *Recursos hídricos e planejamento urbano e regional*. Laboratório de Planejamento Municipal-IGCE-UNESP. p. 113-127 Rio Claro, 2003.

BRASIL. Lei n 10.257 de 10 de julho de 2001 – Estatuto da Cidade.

BRIOZO, R. *et al. Método multicritério de tomada de decisão: aplicação ao caso da localização espacial de uma Unidade de Pronto Atendimento - UPA 24 h*. Gestão e Produção, São Carlos, v. 22, n. 4, p. 805-819, 2015.

BRITO, F. A., PINHO, B. A. T. D. *A dinâmica do processo de urbanização no Brasil, 1940-2010*. Textos para Discussão Cedeplar-UFMG 464, Cedeplar, Universidade Federal de Minas Gerais. 2012.

BRITO, A. O., MARTINS, I. S., AICHA, N. N. *Estudos da erosão no Distrito Federal*. Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal. Garça – SP. Ano X, volume 20 – Número 1 – agosto, 2012, p. 82 – 92.

CALDERANO FILHO, B. *et al. Suscetibilidade dos Solos à Erosão na Área de Entorno do Reservatório da Usina Hidrelétrica de Tombos (MG)*. Revista Geonorte, Edição Especial 4, V.10, N.10, p.476– 481, 2014.

CÂMARA, G., DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. *Introdução à Ciência da Geoinformação*. São José dos Campos, INPE, 2003.

CARMO, J. A. *Dinâmicas Sócio-Espaciais na Cidade de Rio Claro (SP): As Estratégias Políticas, Econômicas e Sociais na Produção do Espaço*. 2006. 202f. Rio Claro, SP. Dissertação de Mestrado – Instituto de Geociências e Ciências Exatas de Rio Claro/UNESP. 2006.

CARRIJO, B. R.; BACCARO, C. A. B. *Análise sobre erosão hídrica na área urbana de Uberlândia- MG*. Revista Caminhos da Geografia, v. 1, n. 2, p. 70-83, jul. 2000. Disponível em: <[http://www.ig.ufu.br/revista/volume02/artigo05\\_vol02.pdf](http://www.ig.ufu.br/revista/volume02/artigo05_vol02.pdf)> Acesso em: 20 de junho de 2020.

CEAPLA – CENTRO DE ANÁLISE E PLANEJAMENTO AMBIENTAL/IGCE-UNESP-  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS – UNIVERSIDADE ESTADUAL

PAULISTA. 2014. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/igce/ceapla/>> Acesso em: 16 de setembro de 2020.

COTTAS, L.R. *Estudos geológico-geotécnicos aplicados ao planejamento urbano de Rio Claro – SP. 1983. 160f.* São Paulo, SP. Tese de Doutorado – Instituto de Geociências/USP. 1983.

CPTI (Cooperativa de Serviços e Pesquisas Tecnológicas e Industriais), IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo). *Elaboração de Mapa de Feições Erosivas Urbanas e Rurais da Bacia do Rio São José dos Dourados.* Relatório Técnico Nº. 295/07. dezembro de 2008.

CUNHA, C. M. L. *A Cartografia do Relevo no Contexto da Gestão Ambiental. 2001. 128f.* Rio Claro: UNESP. Tese (doutorado em geociências e meio ambiente) – IGCE – UNESP, 2001.

CUNHA, C. M. L., MORUZZI, R. B., BRAGA, R. *Diagnóstico dos elementos de drenagem da área urbana de Rio Claro-SP: Subsídios para o Plano Diretor.* REA – Revista de estudos ambientais (Online) v.11, n. 2, p. 88-100, jul./dez. 2009.

ECOSBIO. *Diagnóstico Ambiental e Desenvolvimento de Sistemas de Implementações de Projetos de Recuperação da Qualidade dos Corpos D'água.* Volume Parcial I. Rio Claro, 2014. Disponível em: <<https://www.rioclaro.sp.gov.br/pd/arquivos/VolumeI Levantamento.pdf>> Acesso em: 17 de julho de 2019.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Súmula das 10. Reunião Técnica de Levantamento de Solos.* Rio de Janeiro, 1979. 83p. (EMBRAPA-SNLCS. Micelânea, 1.

FILHO, F. D. A. *Crescimento Urbano e Recursos Hídricos: O Caso de Rio Claro (SP).* Estudos Geográficos, Rio Claro, 1(1): junho 2003, p. 55-62.

GARCIA, L. B. R. *Meio Sócio-econômico - Ocupação e Desenvolvimento Econômico da Bacia do Corumbataí.* In: Gilberto José Garcia. (Org.). Atlas Ambiental da Bacia do Corumbataí.: 2001, v., p. -.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. *Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico.* Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 653 p.

GUERRA, A., OLIVEIRA JORGE, M. *Processos Erosivos e Recuperação de Áreas Degradadas.* São Paulo: Oficina de Textos, 1ª ed. 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. *Manual Técnico de Uso do Solo.* 3ª ed. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81615.pdf>> Acesso em: 19 de agosto de 2019.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. *Cadastramento de pontos de erosão e inundação no Estado de São Paulo.* 2012.

---

(2014). *Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações – 1:25.000*. São Paulo: IPT. Disponível em <[http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/16588/NTCarta\\_Suscetibilidade.pdf?sequence=1](http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/16588/NTCarta_Suscetibilidade.pdf?sequence=1)> Acesso em: 02 de agosto de 2019.

INSTITUTO GEOLÓGICO. *Prevenção de Desastres Naturais no Estado de São Paulo*. Atuação do Instituto Geológico. VIII Simpósio de Engenharia Ambiental da UNESP de Presidente Prudente. 2012.

JUNIOR, A. A. B., MONTE-MÓR, R. L. M., SIMÕES, R. F. *Urbanização Extensiva e o Processo de Interiorização do Estado de São Paulo: Um Enfoque Contemporâneo*. R. B. Estudos Urbanos e Regionais, v.15, n.2 / novembro 2013, p. 179 – 197.

LANDIM, P. M. B. *O Grupo Passa Dois (P) na Bacia do Rio Corumbataí (SP)*. Boletim. Divisão Geologia e Mineralogia/DNPM, São Paulo, 252, 103 p, 1970.

LANDIS, J. R., KOCH, G. G. *The measurement of observer agreement for categorical data*. International Biometric Society. 1977, Vol. 33, nº. 1, p. 159-174.

LOMBARDI NETO, F.; BERTONI, J. 1975. *Tolerância deperdas de terras para solos do Estado de São Paulo*. Campinas: Instituto Agrônômico, 12p. (Boletim Técnico, 28).

MAGLIULO, P. *Assessing the susceptibility to water-induced soil erosion using a geomorphological, bivariate statistics – based approach*. Environmental Earth Sciences, vl. 67. November, 2012.

MARCELINO, E. V. *Desastres Naturais e Geotecnologias: Conceitos Básicos*. Santa Maria: CRS/INPE, 2008.

MARTINI, L. C. P. *et al. Avaliação da suscetibilidade a processos erosivos e movimentos de massa: decisão multicriterial suportada em Sistemas de Informações Geográficas*. Geologia USP. Sér. cient. v.5 n.2 São Paulo mar. 2006.

MATOS, R. *Migração e urbanização no Brasil*. Geografia: Artigos Científicos. Belo Horizonte 08(1) 07-23 janeiro-junho de 2012, p. 7 – 23.

MATOS, R., BAENINGER, R. *Migração e Urbanização no Brasil: processos de concentração e desconcentração espacial e o debate recente*. Belo Horizonte – MG. Cadernos do Leste, Artigos Científicos. Edição Especial, 2000 a 2008, p. 342 – 386.

MELLO, J. P. M. de. *Análise e Correlação de Registros de Processos Erosivos com Dados Pluviométricos*. 2018. 80f. Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Rio Claro. 2018.

MORAES, I. C. *et. al. Expansão urbana e degradação de áreas de proteção permanente em zonas urbanas: O caso do Córrego Conduta/Rio Claro/SP*. UNESP/CEAPLA, 2009. Disponível em: <<http://www.ambiente-augm.ufscar.br/uploads/A2-130.pdf>> Acesso em: 09 de fevereiro de 2021.

MORTARI, D. *Caracterização geotécnica e análise do processo evolutivo das erosões no Distrito Federal*. Brasília, 1994.

MOURA, A.C. *Reflexões metodológicas como subsídio para estudos ambientais baseados em Análise de Multicritérios*. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 2899-2906.

NUCCI, J. C. et.al. *Método para o Mapeamento da Qualidade Ambiental Urbana*. Anais do XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2005 – USP. p. 393-403.

PANIZZA, A. C. de; FONSECA, F. D. *Técnicas de Interpretação Visual de Imagens*. In: GEOUSP – Espaço e Tempo. São Paulo, nº 30, 2011.

PENTEADO-ORELLANA, M.M. – 1981. *Estudo geomorfológico do sítio urbano de Rio Claro (SP)*. Notícia Geomorfológica, Campinas, v.21, n. 42, p. 23-56, dez. 1981.

PERINOTTO, J. A. J. *Análise estratigráfica da sequência portadora de carvão na Região de Cerquilha (SP)*. 1987. 76f. Dissertação de Mestrado – Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Rio Claro. 2010.

PINHEIRO, K. *Bases teóricas gerais sobre urbanização no Brasil*. Revista de Desenvolvimento Econômico. Ano IX, n. 15, Salvador – BA, jan. 2007, p. 61 – 68.

PREISKORN, G. M. *Expansão Urbana e Dinâmica de Processos Erosivos: Bairro Mãe Preta, Rio Claro – SP*. 2001. 83f. Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Rio Claro. 2001.

PUPIM, F. N. *Aspectos Fisiográficos no Município de Rio Claro – SP*. 2010. 121 f. Dissertação de Mestrado – Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Rio Claro. 2010.

ROSS, J. L.S. *Geomorfologia: Ambiente e Planejamento*. 2005. 8ed. São Paulo: Contexto, (Repensando a Geografia). 85p.

SAATY, T. L. How to make a decision: the analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, v. 48, n. 1, p. 9-26, 1990. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/037722179090057I>> Acesso em: 18 de dezembro de 2020.

SHARMA, T., SINGH, O. *Soil erosion susceptibility assessment through geo-statistical multivariate approach in Panchkula district of Haryana, India*. Springer International Publishing Switzerland, may 2017, p. 1 – 21.

SALOMÃO, F.X.T. Controle e prevenção dos Processos Erosivos. In GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G.M. (orgs) 1999. *Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 340p.

SANCHEZ, M.C.; GERARDI, L.H.O. *Fotointerpretação e quantificação para avaliação de transformações no uso da terra*. Geografia, Rio Claro, SP, v.8, n.15-16, p.143-150, 1983.

SANTOS, F. A. dos. *Rio Claro: uma cidade em transformação, 1850-1906*. 2000. 200p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Economia, Campinas, SP. Disponível em:

<<http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/285523>>. Acesso em: 15 de junho de 2020.

SCHNEIDER, R.L. *et al.* *Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná*. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 28, Porto Alegre, 1974. Anais..., Porto Alegre: SBG, v. 1, p. 41-65.

SCIFONI, S. *O Verde do ABC: reflexões sobre a questão ambiental urbana*. 1994. 126f. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, USP, SP, 1994.

SILVA, G. G., OLIVEIRA, L. N. *Análise da suscetibilidade e potencial à erosão laminar no município de São Miguel do Araguaia – GO*. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE.

SILVA, M. S. L. *Estudos da Erosão*. EMBRAPA, junho 1995.

SOARES, P.C. *O limite glacial/pós-glacial do Grupo Tubarão no estado de São Paulo*. 1972. Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 44, p.333-342.

SOARES, P. C.; LANDIM, P. M. B. *Aspectos regionais da estratigrafia da Bacia do Paraná no seu flanco nordeste*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 27, 1973, Aracaju. Anais... Aracaju.

STAMLEY, W. L., SMITH, R. M. *A Conservation Definition Of Erosion Tolerance*. Soil Science, USA, vol. 97, n. 3, p. 183-186, March 1964.

TAVARES, A. C.; SILVA, A.C. F. *Urbanização, chuvas de verão e inundações: uma análise episódica*. Revista CLIMEP – Vol. 3, n.1, 2008.

TOLEDO, R. A. *O Ciclo do Café e o Processo de Urbanização do Estado de São Paulo*. Historien – Revista de História, ano 3, Petrolina, dez. 2011 – mai. 2012, p. 76 – 89.

ZAINE, J. E. *Geologia da Formação Rio Claro na Folha Rio Claro (SP)*. 1994. 98f. Dissertação de Mestrado – Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Rio Claro. 1994.

ZAINE, J. E. *Mapeamento geológico-geotécnico por meio do método de detalhamento progressivo: ensaio de aplicação na área urbana do Município de Rio Claro (SP)*. Rio Claro – SP. 2000. 149f. Tese de Doutorado – Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Rio Claro. 2000. Disponível em <<http://hdl.handle.net/11449/102900>>. Acesso em: 04 de fevereiro de 2020.

ZACHAR, D. *Soil Erosion: Developments in Soil Science*. 10 Ed. Bratislava: Elsevier Scientific Publishing Company, 1982, p. 1-584.

ZÊZERE, J. L.; RODRIGUES, M. L.; REIS, E.; GARCIA, R.; OLIVEIRA, S.; VIEIRA, G.; FERREIRA, A. B. *Spatial and temporal data management for the probabilistic landslide hazard assessment considering landslide typology*. In: LACERDA, W. A.; EHRlich, M.; FONTOURA, S. A. B.; SAYÃO, A. S. F. (Ed). *Landslides: evaluation & stabilization*. Londres: Taylor & Francis Group, 2004. p. 117-123.