



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS CÂMPUS
ANÁPOLIS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA MOBILIDADE

ANÁLISE DO POTENCIAL DE ERODIBILIDADE DO SOLO DE ANÁPOLIS
ATRAVÉS DA FRAGILIDADE AMBIENTAL

Raylla Caroline Nova de Oliveira Santos

ORIENTADORA:

Prof. Maria Tâmara de Moraes Guimarães Silva

CO-ORIENTADOR:

Prof. Renato Welmer Veloso

PUBLICAÇÃO:

ANÁPOLIS

2022

Raylla Caroline Nova de Oliveira Santos

**ANÁLISE DO POTENCIAL DE ERODIBILIDADE DO SOLO DE ANÁPOLIS
ATRAVÉS DA FRAGILIDADE AMBIENTAL**

Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Civil da Mobilidade do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - Campus Anápolis, como requisito parcial para conclusão de curso.

Orientador (a): Prof. Maria Tâmara de Moraes Guimarães Silva

Co-orientador (a): Prof. Renato Welmer Veloso

ANÁPOLIS, 2022

FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Santos, Raylla Caroline

S586m

Análise do potencial de erodibilidade do solo de Anápolis-GO através da fragilidade ambiental / Raylla Caroline Nova de Oliveira Santos. – Anápolis: IFG, 2022.
57 f. il. color.

Orientador: Prof. Maria Tâmara de Moraes.

Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás: Campus Anápolis – Bacharelado em Engenharia Civil da Mobilidade, 2022.

1. Erosão. 2. Sistemas de informação geográfica. 3. Geoprocessamento. 4. QGIS. 5. Fragilidade. 6. Ambiental. 7. Anápolis/GO. I. Moraes, Maria Tâmara (orient.). II. Veloso, Renato Welmer (coorient.). III. Título.

CDD 624

Raylla Caroline Nova de Oliveira Santos

**ANÁLISE DO POTENCIAL DE ERODIBILIDADE DO SOLO DE ANÁPOLIS
ATRAVÉS DA FRAGILIDADE AMBIENTAL**

Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Civil da
Mobilidade do Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de Goiás - Campus Anápolis, como requisito parcial
para conclusão de curso.

Orientador (a): Prof. Maria Tâmara de Moraes Guimarães Silva
Co-orientador (a): Prof. Renato Welmer Veloso

APROVADO EM: ____/____/____

Orientador (a): _____

Prof. Maria Tâmara de Moraes Guimarães Silva

Co-orientador (a): _____

Prof. Renato Welmer Veloso

Examinador (a): _____

Examinador (a): _____

ANÁPOLIS, 2022



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS ANÁPOLIS

ATA Nº 21/2022.1

ATA DA SESSÃO PÚBLICA DE APRESENTAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO 2

Aos 08 dias do mês de julho do ano de dois mil e vinte dois, às 14 horas, por meio de webconferência utilizando a plataforma Google Meet, foi realizada a sessão pública de apresentação do Trabalho de Conclusão de Curso 2 do Graduando **Raylla Caroline Nova de Oliveira Santos** (matrícula 20161060130334) do curso de Engenharia Civil da Mobilidade. A banca foi composta pelos seguintes membros: Maria Tâmara de Moraes Guimarães Silva, Renato Welmer Veloso, Eduardo Montoya Botero e Angela Custódia Guimarães Queiroz, sob a presidência da primeira. O trabalho de conclusão de curso tem como título “**ANÁLISE DO POTENCIAL DE ERODIBILIDADE DO SOLO DE ANÁPOLIS ATRAVÉS DA FRAGILIDADE AMBIENTAL**”, da área de Geotecnia, sob orientação da Profa. Maria Tâmara de Moraes Guimarães Silva. Após a apresentação do Trabalho de Conclusão de Curso 2, tendo sido o autor arguido pela Banca Examinadora, a nota obtida foi 9,5 (nove vírgula cinco).

Encerra-se a presente sessão às 16 horas e 58 minutos. Eu, Prof. Maria Tâmara de Moraes Guimarães Silva, dato e assino a presente ata que segue assinada por todos os membros da Banca e pelo graduando.

(assinado eletronicamente)

Profa. Maria Tâmara de Moraes Guimarães Silva

Profa. Angela Custódia Guimarães Queiroz

Prof. Renato Welmer Veloso

Prof. Eduardo Montoya Botero

Raylla Caroline Nova de Oliveira Santos
(Graduando)

Documento assinado eletronicamente por:

- Raylla Caroline Nova de Oliveira Santos, 20161060130334 - Discente, em 08/07/2022 18:51:58.
- Renato Welmer Veloso, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLÓGICO, em 08/07/2022 18:46:25.
- Angela Custodia Guimaraes Queiroz, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLÓGICO, em 08/07/2022 18:40:58.
- Maria Tamara de Moraes Guimaraes Silva, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLÓGICO, em 08/07/2022 18:38:18.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 08/07/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 301970
Código de Autenticação: 1d4207e008



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Avenida Pedro Ludovico, s/ nº, Reny Cury, ANÁPOLIS / GO, CEP 75131-457
(62) 3703-3373 (ramal: 3373)

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Raylla Caroline Nova de Oliveira Santos

Matrícula: 20161060130334

Título do Trabalho: Análise do potencial de erodibilidade do solo de Anápolis-GO através da fragilidade Ambiental.

Autorização - Marque uma das opções

1. ☒ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. ☐ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
3. ☐ Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

- ☐ O documento está sujeito a registro de patente.
- ☐ O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
- ☐ Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Anápolis

_____, 31/08/2022.

Local

Data

Raylla C. H. de O. Santos

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

AGRADECIMENTOS

Existem pessoas na nossa vida que, sem elas, jamais chegaríamos onde estamos. Primeiramente agradeço a Espiritualidade, a qual sem ela, não conseguiria ter forças e nem enxergar que tudo na vida há um propósito por isso, sempre vale a pena erguer a cabeça e continuar a luta.

Agradeço infinitamente aos meus pais, Márcia Moreira dos Santos e Marivaldo Nova de Oliveira, que me ensinaram com tanto amor e carinho, me instruindo com o seu melhor, nunca negando apoio e sendo sempre o meu porto seguro, podendo contar e ter a Certeza que, não importa onde ou quando, sempre terei meus pais, a minha razão.

Agradeço as minhas amigas que a faculdade me trouxe e levarei para vida. Mariane Dias, Ariel Cristina, Karoline Cotrim e Natassha Fernanda. Meu grupinho do recreio, minhas miguinhas do coração, pessoas que sempre estarão no meu coração.

Karoline Cotrim, obrigada por todo carinho, paciência, companheirismo, noites em claro, litros afogando as provas ruins, pessoa que me fortaleceu tanto e que posso olhar e dizer o quanto tenho orgulho, obrigada, amiga!

Agradeço fortemente aos meus irmãos, João Miguel de Oliveira Neto e José Augusto dos Santo Nova, que foram sempre meus parceiros e amigos, irmãos de colo e de apoio, incentivos para nunca parar e sempre buscar o melhor, pois o céu é o limite e o mundo está aí, para conquistarmos.

Sou grata aos meus professores, a todo conhecimento passado, não só da faculdade, mas da vida. Agradeço principalmente aos meus orientadores, Maria Tâmara e Renato Welmer, que dispuseram do seu tempo, acreditaram no trabalho e se dedicaram para todo o desenvolvimento da pesquisa.

A vida é cheia de ciclos e, nesse momento, este se encerra e tenho orgulho de dizer que sem as pessoas que a vida trouxe a mim, eu nada seria!

RESUMO

Os processos erosivos são problemas constantes no município de Anápolis, sendo que a grande maioria desses processos não passam por um tratamento preventivo e, como consequência se alastram, aumentando assim o poder destrutivo o que faz essencial o entendimento e a busca por meios de amenizar os seus impactos no meio ambiente. Termos como Geoprocessamento e Erosão se tornam cada vez mais presentes em estudos de planejamento urbano, análise do uso e ocupação do solo e as consequências que as influências antrópicas acarretam no solo. Este trabalho apresenta a análise do potencial de fragilidade do solo com o uso do geoprocessamento na cidade Anápolis, a partir do desenvolvimento de cartas que mostram a fragilidade com a análise de fatores considerados influentes no desenvolvimento e propagação das erosões. A partir do desenvolvimento e análise dos dados gerados durante o trabalho, é observado como o município supracitado pode erodir, tendo como principais influências o uso e cobertura do solo.

Palavras-chave: Erosão, Sistema de Informação Geográfica, geoprocessamento

ABSTRACT

Erosive processes are constant problems in the city of Anápolis, and the vast majority of these processes do not undergo a preventive treatment and, as a consequence, they spread, thus increasing the destructive power, which makes the understanding and search for ways to alleviate the problems essential. its impacts on the environment. Terms such as Geoprocessing and Erosion are increasingly present in urban planning studies, analysis of land use and occupation and the consequences that human influences have on the soil. This work presents the analysis of the potential for soil fragility with the use of geoprocessing in the city of Anápolis, based on the development of cards that show the fragility with the analysis of factors considered influential in the development and propagation of erosion. From the development and analysis of the data generated during the work, it is observed how the aforementioned municipality can erode, having as main influences the use and land cover.

Keywords: Erosion, Geographic Information System, geoprocessing.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Fluxograma da metodologia.....	11
Figura 2 - Localização de Anápolis.....	11
Figura 3 - Mapa de solos do Brasil.....	15
Figura 4 - Mapa dos solos do Centro-Oeste brasileiro.....	21
Figura 5 - Mapa de declividade do município de Anápolis/GO.....	26
Figura 6 - Mapa das classes de solo no município de Anápolis/GO.....	27
Figura 7 - Mapa da geologia do município de Anápolis/GO.....	28
Figura 8 - Mapa do uso e ocupação do solo do município de Anápolis/GO no ano de 1985...	29
Figura 9 - Mapa do uso e ocupação do solo do município de Anápolis/GO no ano de 2020...	29
Figura 10 - Mapa da dissecação horizontal do relevo do município de Anápolis/GO.....	30
Figura 11 - Mapa da amplitude altimétrica do relevo do município de Anápolis/GO.....	31
Figura 12 - Mapa da erosividade no município de Anápolis/GO.....	33
Figura 13 - Mapa da fragilidade Ambiental no município de Anápolis/GO no ano de 1985...	35
Figura 14 - Mapa da fragilidade Ambiental no município de Anápolis/GO no ano de 2020...	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Predominância das classes de solo no Brasil.....	16
Tabela 2 - Classes de declividade (S) em % e respectiva fragilidade ambiental no município de Anápolis.....	26
Tabela 3 - Classes de solo e respectiva fragilidade ambiental no município de Anápolis.....	27
Tabela 4 - Classes de rocha em % e respectiva fragilidade ambiental no município de Anápolis	28
Tabela 5 – Comparação de uso e cobertura do solo dos anos de 1985 e 2020 seu respectivo grau de fragilidade no município de Anápolis.....	30
Tabela 6 – Classificação da amplitude altimétrica e respectiva fragilidade ambiental no município de Anápolis.....	32
Tabela 7 - Matriz (A) de comparação pareada com os critérios globais e pesos atribuídos pela pesquisadora.....	34
Tabela 8 - Matriz (A) normalizada de acordo com Saaty (2000)	34
Tabela 9 – Tabela de cálculo para validação dos pesos escolhidos.....	34
Tabela 10 – Pesos encontrados para aplicação da Análise Hierárquica Ponderada.....	35
Tabela 11 - Comparação da fragilidade ambiental dos anos de 1985 e 2020 no município de Anápolis.....	36
Tabela 12 - Classes de declividade com os respectivos valores da escala de vulnerabilidade...	38
Tabela 13 - Valores de vulnerabilidade para a intensidade de dissecação horizontal do relevo	38
Tabela 14 - Valores de vulnerabilidade para a amplitude altimétrica.....	38
Tabela 15 - Classes de solo quanto a fragilidade Ambiental.....	39
Tabela 16 - Vulnerabilidade quanto ao uso e cobertura do solo.....	40
Tabela 17 - Escala de vulnerabilidade à denudação das rochas.....	40
Tabela 18 - Escala de erosividade da chuva e valores de vulnerabilidade à perda de solo.....	40

SUMÁRIO

1. Metodologia.....	15
1.1. Área de estudo	15
1.2. Processamento de dados	16
2. Revisão bibliográfica.....	17
2.1. A constituição dos solos	17
2.2. Erosão do solo e fragilidade ambiental	20
2.3. A caracterização dos solos de anápolis.....	25
3.4. cartografia.....	27
3.4.1. cartografia geoténica	27
3.4.2. Geoprocessamento	28
3.4.3. sistemas de informações geográficas	29
4. resultados	30
5. conclusões.....	41
6. Anexo a – tabelas de reclassificação	42
7. Referências bibliográficas.....	45

INTRODUÇÃO

O termo erosão é definido como corrosão (BASTOS, 1999), que consiste no processo de desgaste do solo, influenciado por fatores naturais, água, vento, gelo, gravidade e relevo, e/ou antrópicos, ação do ser humano.

A fragilidade está relacionada com a pouca ou a ausência de estabilidade. No espaço geográfico, visando a análise ambiental, Ross (1994) apresentou a necessidade de integrar os recursos naturais, tais como solo, clima, geologia, vegetação, fauna e flora, com a intervenção humana e sua exploração do meio ambiente. Com tais definições em mente, pode-se entender a ligação entre erosão do solo e fragilidade ambiental.

Para realizar a análise da fragilidade, é necessário o levantamento de produtos cartográficos temáticos de geomorfologia, geologia, pedologia, climatologia e uso da terra/vegetação (Ross, 1994). A partir disso, é estabelecida a relação entre os fatores relevo, solo, rocha, informações climáticas, declividade e uso da terra. Dessa forma a fragilidade dos ambientes naturais é diagnosticada por hierarquias, avaliadas segundo as cinco (5) categorias: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta.

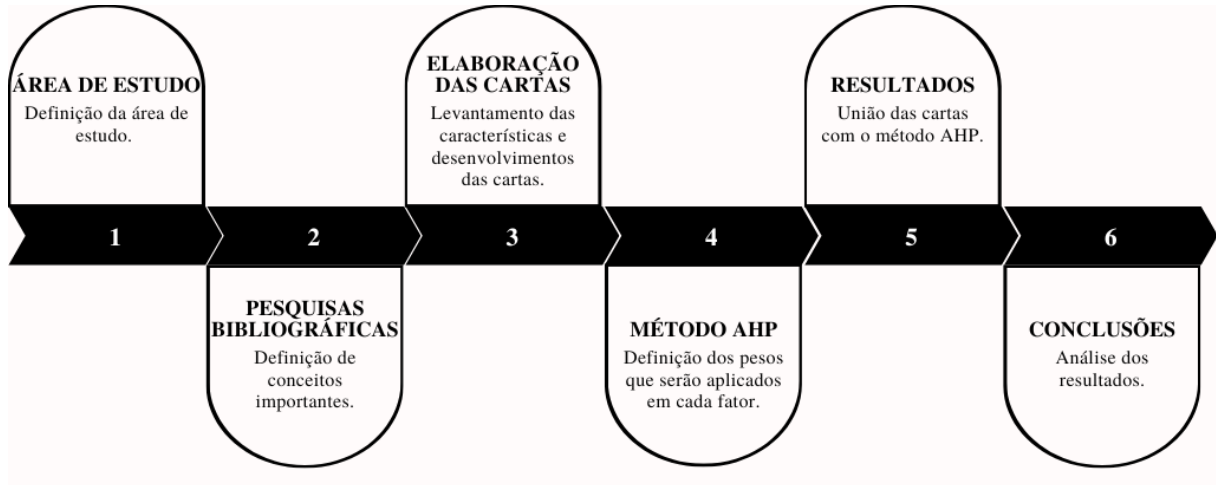
Concomitante a Ross (1994), Crepani (2001) afirmou que a análise da fragilidade ambiental depende do conhecimento relativo à origem do solo, suas características físicas, histórico, estágio de evolução, cobertura vegetal, ocupação e a climatologia da região. Reclassificou então, as hierarquias de diagnóstico dividindo-as em três: estável, moderadamente estável e instável.

Dessa forma, “é possível elaborar cartas de vulnerabilidade natural à perda de solo a partir de um banco de dados contendo as informações básicas do meio físico e de uso da terra de uma determinada região” Crepani (2001).

Com isso em mente, o objetivo deste trabalho é analisar o potencial de erodibilidade do solo através da fragilidade Ambiental utilizando um comparativo dos anos de 1985 e 2020 no município de Anápolis.

1. METODOLOGIA

Figura 1 - Fluxograma da metodologia



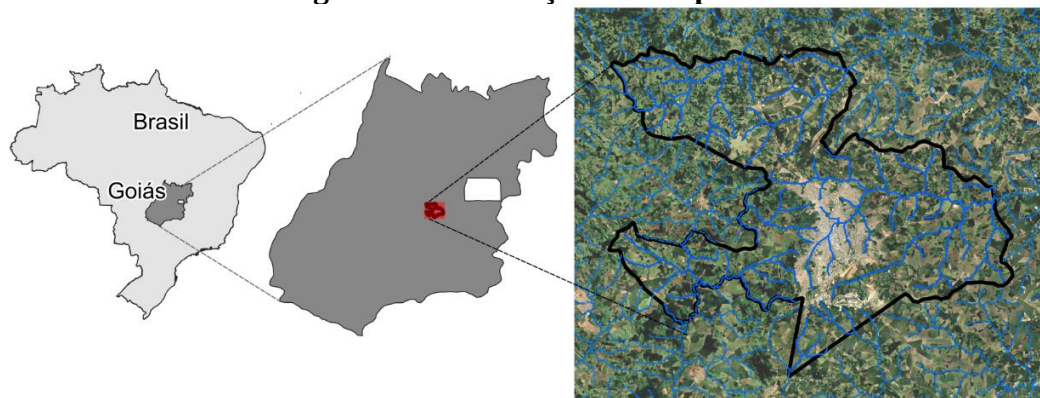
Fonte: Elaborado pela autora (2022)

A metodologia escolhida para o desenvolvimento do trabalho segue a ordem da figura 1 e será explicada nos tópicos abaixo.

1.1. ÁREA DE ESTUDO

O presente trabalho foi desenvolvido para estudo de dados da cidade de Anápolis (Figuras 1), cidade localizada no estado de Goiás, ficando entre a capital do Brasil e a capital do estado de Goiás. Sua área territorial tem cerca de 935,672 km² e aproximadamente 396.526 habitantes (IGBE, 2022).

Figura 2 - Localização de Anápolis



Fonte: Autora (2022)

1.2. PROCESSAMENTO DE DADOS

O estudo foi dividido em duas etapas: pesquisas bibliográficas e na elaboração dos mapas. Após este levantamento e coleta dos dados necessários para atender ao objetivo proposto, foi desenvolvida a modelagem dos parâmetros ambientais para determinar a fragilidade ambiental, seguindo a metodologia de Crepani et. Al (2001) e aplicando o método de análise hierárquica ponderada (AHP) a estes dados ambientais.

As variáveis ambientais selecionadas para análise foram: declividade, índice de dissecação horizontal do relevo, amplitude altimétrica, geologia, classes de solos, uso e cobertura da terra e precipitação média anual. Todos os produtos gerados a partir destas variáveis aplicadas ao cálculo da fragilidade ambiental foram convertidos do formato vetorial para raster, com resolução espacial de pixel de 30m, no Sistema de Projeção Universal Transversa de Mercator - UTM, com o Datum SIRGAS 2000 e Zona 22S. As operações do Sistema de Informações Geográficas (SIG) foram executadas no software QGIS 3.22.6.

O MDT (Modelo digital do terreno) de Anápolis foi extraído do projeto NASADEM Merged DEM versão 1 (NASADEM_HGT), com resolução de 30 m e referenciado ao modelo geóide EGM96 (Bettiol et al., 2021; Buckley S., 2022).

No tocante as reclassificações, todas foram feitas seguindo o método proposto por Crepani (2001) (**Anexo A**).

O Índice de Fragilidade Ambiental é um problema devido aos múltiplos critérios inter-relacionados. Para tanto, foi aplicado o método de Análise Hierárquica Ponderada (AHP), conforme as orientações de Saaty (2000), que consiste em tratar esta complexidade de informações com a decomposição e divisão do problema em fatores, cada vez mais baixos, claros e dimensionáveis e estabelecendo relações para depois sintetizar.

Sendo assim, os pesos descobertos na AHP foram aplicados nas cartas desenvolvidas, gerando os dois mapas finais de fragilidade, o resultado final que traz as informações a serem analisadas e apresentadas na conclusão.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A CONSTITUIÇÃO DOS SOLOS

Utilizar de poucas palavras para a definição de solo é uma tarefa difícil. Por ser um material de estudo que abrange diversas áreas, sua definição depende do ramo de análise. Conforme Caputo (1989), o conceito de solo tem influência direta com a forma que está sendo utilizado, por exemplo, para fins agrossilvopastoril e na construção civil.

No conceito pedológico, Lepsh (2010) afirma que “solo é a coleção de corpos naturais e dinâmicos, que contém matéria viva, e resulta da ação do clima e de organismos sobre um material de origem, cuja transformação em solo se realiza durante certo tempo sendo influenciada pelo relevo.”

De forma geral, solo é o material solto que cobre a superfície da terra, possuindo uma superfície aparentemente uniforme, que varia tanto com relação à sua espessura quanto em relação às suas características físicas e químicas. O solo é constituído por água, ar, material mineral e orgânico, contendo ainda organismos vivos, servindo como um meio natural para o crescimento das plantas, além de ser a base para a construção de edificações (COELHO, 2002).

Na construção civil, o solo é dito e visto como terreno que recebe todas as cargas de uma edificação, possuindo variáveis que interferem diretamente em suas condições de qualidade e resistência (CAPUTO, 1989).

Outra definição de solos é encontrada na NBR (Normas Brasileiras) 6502, norma da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), que define os termos relativos ao solo para fins de engenharia de fundações e obras de terra. Nela o solo é caracterizado como “Solo residual com total decomposição da rocha matriz, o qual não apresenta vestígios de estrutura da rocha. Pode ocorrer em vários estágios de evolução.”

Na construção civil, a edificação é apoiada e estruturada a partir do solo, onde se faz necessário que o mesmo tenha comportamentos que vão garantir sua resistência (PINTO, 2006).

Dentre os fatores que influenciam na capacidade do solo de executar suas funções, estão a composição e as influências externas, tais como: chuva, tempo e o manuseio humano. Até que tenha chegado no estado atual, o solo passa por transformações e processos que incidem sobre o material de origem, dentro os quais estão a ação de organismos vivos, o tempo, clima e inclinação do terreno ou condições topográficas. O conjunto destes fatores intempéricos atuando sobre os mais diversos tipos de materiais de origem resultam em uma complexa mistura de materiais orgânicos e inorgânicos.

Caputo (2004) define o solo como material vindo do intemperismo ou meteorização das rochas, por desintegração mecânica ou decomposição química, onde os principais agentes responsáveis por esses processos são: água, temperatura, vegetação e vento, sendo a água o mais importante.

Conforme Lepsch (2010) explica, com a ação dos fatores de intemperismo, uma rocha se transforma em material solto que, ao entrar em contato com organismos, como vegetais e animais, ocorre a decomposição e a formação do húmus. A partir disso, as águas das chuvas movimentam estes materiais, fazendo com que fiquem em camadas mais profundas. Dessa forma, ao realizar um corte vertical no solo, vê-se várias camadas com características e estágios de evolução diferentes. Esta sequência organizada recebe o nome de perfil de solo.

A partir de tantos processos e variáveis, originam-se as classes de solo. De acordo com a Embrapa, a classificação é feita através da avaliação dos dados morfológicos, físicos, químicos e mineralógicos do perfil que o representa.

A análise de cada perfil é iniciada com a coleta do material de campo e conduzida conforme critérios estabelecidos em manuais (IBGE, 2005; LEMOS; SANTOS, 1996; SANTOS et al., 2005). A classificação definitiva é concluída após o recebimento e a interpretação de todas as análises laboratoriais referentes ao perfil.

O Brasil possui uma grande diversidade de solos, chegando a 13 tipos, todos contidos no SiBCS (2018), sendo estes: Argissolos, Cambissolos, Chernossolos, Espodossolos, Gleissolos, Latossolos, Luvissolos, Neossolos, Nitossolos, Organossolos, Plintossolos e Vertissolos.

Para melhor compreensão a Embrapa (2014) apresenta a figura 2 e a tabela 1, que especificam os tipos de solo predominantes divididos por regiões em todo o país.

Figura 3 - Mapa de solos do Brasil



Fonte: EMBRAPA (2014)

Tabela 1 - Predominância das classes de solo no Brasil

Tipos de solos	Brasil		Relativa por regiões do Brasil				
	Absoluto (km ²)	Relativo (%)	Norte	Nordeste	Centro-oeste	Sudeste	Sul
Alissolos	371.874,50	4,36	8,67	0	0	0	6,34
Argissolos	1.713.853,50	19,98	24,4	17,2	13,77	20,68	14,8
Cambissolos	232.139,20	2,73	1,06	2,09	1,59	8,64	9,28
Chernossolos	42.363,90	0,53	0	1,05	0,27	0,21	3,94
Espodossolos	133.204,90	1,58	3,12	0,39	0,26	0,37	0
Gleissolos	311.445,30	3,66	6,41	0,78	2,85	0,5	0,4
Latossolos	3.317.590,30	38,73	33,86	31,01	52,81	56,3	24,96
Luvissolos	225.594,90	2,65	2,75	7,6	0	0	0
Neossolos	1.246.898,90	14,57	8,48	27,55	16,36	9,38	23,23
Nitossolos	119.731,30	1,41	0,28	0,05	1,22	2,56	11,48
Planossolos	115.152,10	1,84	0,16	6,61	1,73	0,16	3
Plintossolos	508.539,40	5,95	7,6	4,68	8,78	0	0
Vertissolos	169.015,30	2,01	3,2	0,99	0,36	1,2	2,6

Fonte: EMBRAPA (2014)

2.2. EROÇÃO DO SOLO E FRAGILIDADE AMBIENTAL

A partir dos conceitos de solo supracitados e suas funcionalidades, é necessário compreender que o mesmo deve ser resistente a forças e pressões que recebe e possuir características para suportar as cargas e pesos que recebe de acordo com seu uso, como construções civis e utilização agropecuária. Quando não possui ou perde sua estabilidade, baixa resiliência, isso traz consequências e afeta toda a continuidade de suas funções, como por exemplo causando riscos estruturais em construções, estradas e rodovias, além de transtornos habitacionais e ambientais, como a transformação de terrenos férteis em impróprios e desestabilização da fauna e flora. Devido a tais consequências, erosões no solo é um assunto cada vez mais recorrente e estudado.

A erosão é decorrente de um processo composto por fatores internos e externos que deixam o solo mais frágil, estando propenso a erodir (BERTONI E LOMBARDI NETO, 2008). Tem-se como exemplo, a ação direta da chuva, infiltração, topografia do terreno, cobertura vegetal, natureza, granulometria, comprimento do talude e degrabilidade do solo (CAMAPUM DE CARVALHO, 2006). Assim, os processos erosivos causam um desequilíbrio da natureza, e pode ser definido como um conjunto de etapas que causam espécies de “buracos” no solo (BASTOS, 1999; CAMAPUM DE CARVALHO, 2006) sendo identificados e classificados conforme a forma onde o mesmo foi transportado e em qual intensidade se encontra.

A erosão é um processo complexo que envolve muitos fatores, por isso é difícil definir uma causa única (FÁCIO, 1991). Outros conceitos fundamentais são a erosividade e a erodibilidade, que afetam a proporção da erosão no solo. A erosividade corresponde à forma com que os agentes erosivos atuam no solo, enquanto isso, a erodibilidade é definida como a falta de resistência aos processos erosivos (VILAR & PRANDI, 1993).

Para Camapum de Carvalho et al. (2006), no tocante aos tipos de erosões, o mais comum é classificá-las de acordo com o principal agente de transporte (erosão hídrica, erosão eólica, glacial e organogênica) e o nível de evolução em que ela se encontra (superficial, interna e linear).

Infanti Junior & Fornasari Filho (1998) tem a erosão hídrica como o processo em que a água é a principal causadora da movimentação do solo. Dentre os agentes erosivos, a água é o mais agravante e possui maior presença em todo o planeta (ZACHAR, 1982). Durante uma precipitação, as gotas de chuva contribuem no processo erosivo desprendendo as partículas do solo, transportando-as e causando energia através de turbulências ao fluxo superficial, além de depositar e formar assoreamento.

A intensidade de interferência do fator pluviométrico sobre solo varia entre as características da chuva e do solo. A intensidade, duração e frequência da chuva influenciam no potencial de erosividade, no qual quanto maior a intensidade, maiores serão as perdas por erosão (BERTONI E LOMBARDI NETO, 1999). Enquanto isso, as características do solo indicam como ele irá reagir no momento com o contato entre as gotas de água e o solo.

De acordo com Crepani (2001), quanto maior a intensidade pluviométrica maior será o potencial erosivo da chuva, devido ao seu potencial de destruição causado pelas gotas de água. Isso está relacionado ao impacto da chuva quando se compara chuvas de iguais intensidades pluviométricas, com períodos de tempo menor ou maior.

Além disso, existem outros fatores que intensificam o poder de erosividade da chuva, são estes a declividade e a dissecação do relevo.

A declividade é a inclinação da superfície do terreno em relação ao horizonte, dada em graus ou em porcentagem conforme o objetivo do estudo (FLORENZANO, 2008). Seu impacto no ambiente vem do deslocamento das águas pluviais dos pontos mais altos aos mais baixos, acarretando aumento da velocidade da água e sua capacidade de transportar massas.

No tocante à dissecação do relevo, a análise é dividida em duas etapas, na intensidade da dissecação pela drenagem e na amplitude altimétrica. Primeiramente, a intensidade de dissecação é obtida nas cartas topográficas com a medição entre as distâncias dos canais de drenagem. Vale ressaltar que ela está ligada ao potencial de erosão relacionada à existência ou

não de drenagens de água na superfície por não ter sido infiltrada no solo, esse processo é conhecido como escoamento superficial.

A amplitude altimétrica está relacionada com a profundidade da dissecação, que apresenta maior potencial erosivo, devido ao aumento da energia potencial da água da chuva ao cair sobre os pontos mais altos do terreno e percorrer até às partes mais baixas (CREPANI, 2001).

O território brasileiro é afetado pelo clima tropical, onde a chuva está presente em praticamente todo o período anual e isso faz com que o solo seja impactado por esse tipo de erosão (CAMAPUM DE CARVALHO et al., 2006), que é a mais recorrente e impactante.

Mesmo não sendo muito presente, a erosão eólica ocorre quando o vento é o agente transportador do solo. Esse tipo de erosão ocorre em determinadas condições, onde o solo deve estar (BERTONI E LOMBARDI NETO, 1999):

- Solto, seco e com granulações finas;
- Superfície lisa e cobertura vegetal rala ou inexistente;
- Grandes lançamentos sem nenhuma obstrução para redução da força do vento;
- Vento suficientemente forte para iniciar o movimento das partículas de solo.

De acordo com os mesmos autores, a caracterização física do solo é essencial para entender se o vento foi seu principal agente transportador, principalmente a identificação de sua umidade, pois somente um solo relativamente seco é sujeito à erosão eólica.

A ocorrência da erosão eólica depende da velocidade e da turbulência do vento, tamanho do grão e da distância a percorrer (GRAY E LEISER, 1989; ZINGG ET AL., 1965). Além disso, é preciso que o clima e vegetação também sejam susceptíveis a essa erosão. Sendo assim, na maior parte do território brasileiro, esse tipo de erosão não é muito presente quanto a hídrica. Por fim, a erosão glacial não é presente no Brasil por ser um país predominante de clima tropical. Sendo assim, não serão focadas neste texto.

Para Camapum de Carvalho et al. (2006), o processo de erosão superficial ocorre a partir do escoamento da água que não se infiltra, sendo caracterizado pelo transporte do solo ao longo da vertente, podendo ou não ter o desenvolvimento de sulcos. À intensidade que a água faz a movimentação de solo vai depender da densidade e da velocidade de escoamento, bem como da lâmina d'água e da inclinação do terreno. A partir disso, quase sempre, esse processo dá origem aos sulcos que evoluem para ravinas podendo evoluir para voçoroca. O autor ainda afirma que a erosão superficial depende de fatores externos (cobertura do solo, declividade do terreno e clima) e fatores internos (tipo de solo, estrutura e umidade). Por mais que sejam características naturais, há a intervenção antrópica. Quando o homem manuseia o solo de

maneira errada, pode alterar o estado do solo, o que, em sua maioria, é o elemento mais importante.

Conforme Zimmerer et al., (2012), os principais fatores envolvidos no processo de degradação de pastagem, na maioria dos casos são:

- Excesso de lotação (unidade animal/unidade de área) e manejo inadequado das pastagens;
- Falta de correção e adubação na formação;
- Falta de reposição de nutrientes pela adubação de manutenção;
- Cultivo de forma que não respeita ao clima, solo e objetivo da produção;
- Técnicas de preparo de solo e de semeadura imprópria;
- Ausência de práticas visando conservar o solo;
- Uso de sementes de baixa qualidade e origem desconhecida.

Em regiões tropicais, a erosão acontece tanto em áreas rurais quanto em áreas urbanas. Nas zonas rurais, no curto prazo, os maiores danos são percebidos no assoreamento de cursos d'água e de reservatórios, enquanto a longo prazo, há a possibilidade de exaurimento da camada de solo agricultável. Enquanto isso, “Em áreas urbanas, é mais presente e em loteamentos recém-implantados com terrenos desmatados e não ocupados e em ruas não pavimentadas” (CAMAPUM DE CARVALHO et al., 2006).

Referente a erosão interna (ou Piping), Hargerty (1991) define piping como “um fenômeno de erosão subterrânea, onde a percolação de água causa a remoção de partículas do interior do solo”. Assim, há a formação de espécies de tubos, como canais a partir da face da encosta ou talude por meio do carreamento de partículas. Esse processo pode evoluir para grandes cavidades no subsolo.

Normalmente tem início em voçorocas que interceptam o nível de água, provocando, assim, o aumento nas forças de percolação, aumentando a instabilidade e o carreamento das partículas de solo.

Como Camapum de Carvalho et al. (2006) afirma, existe uma sequência natural de evolução do processo erosivo, em que a maioria das vezes este processo segue na forma de erosão laminar que evolui gradualmente para sulcos, para ravinas e, por fim, voçorocas. Os sulcos correspondem a pequenos canais no solo gerados pela concentração do escoamento superficial. Conforme há o aumento da concentração de água, determinados sulcos evoluem para ravinas ou voçorocas.

No entanto, para Camapum de Carvalho (2006), não há uma característica para definir o final da erosão superficial e o início da erosão em sulcos. Dessa forma, os sulcos podem ser

considerados como erosão superficial ou como o início da erosão linear.

A diferenciação de sulcos e ravinas é estabelecida através das características físicas da erosão, tais como: as dimensões da incisão, a geometria da feição erosiva, ao afloramento do lençol freático na incisão ou ao tipo de fluxo do escoamento (ÁVILA, 2009). Sendo assim, os sulcos são cortes no solo que surgem com pequena concentração da água, chegando a atingir 10 cm de profundidade. Já as ravinas possuem uma profundidade entre 10 e 50 cm, de acordo com o fluxo de água no terreno. Seu ponto máximo de profundidade é onde se inicia a instabilidade dos taludes (CAMAPUM DE CARVALHO, 2006). Sendo assim, a profundidade de 50 cm deve estar vinculada a estabilidade gerada pela presença de matéria orgânica e de raízes, pois até 50 cm esses materiais garantem esse reforço de estabilidade (COUTO, 2015) .

Voçoroca é a fase mais avançada e complexa do processo erosivo, oferecendo maior risco por ter grande poder destrutivo local e ser de difícil contenção (CRUZ LIMA, 2003). Os processos erosivos nas voçorocas atuam mais intensamente, acontecendo erosão superficial, interna, solapamentos, desabamentos, escorregamentos de taludes e quedas de blocos (CAMAPUM DE CARVALHO, 2006) .

Sobre a classificação o autor supracitado afirma que o mais importante é entender a gravidade da voçoroca, no qual o principal fator é o encontro da erosão com o lençol freático por ser onde há a junção das águas e o aumento do desgaste no solo.

Guerra (1995 apud LIMA, 2003) utiliza de dois eventos para explicar o surgimento das voçorocas:

- Primeiro: ocorre quando há a intensificação da ravina, em todas as dimensões com o aumento do fluxo de água, acarretando uma movimentação maior de sedimentos, alargando o tamanho da erosão e causando colapso no material encontrado acima;

- Segundo: Deslizamentos preexistentes, havendo novo escoamento de água.

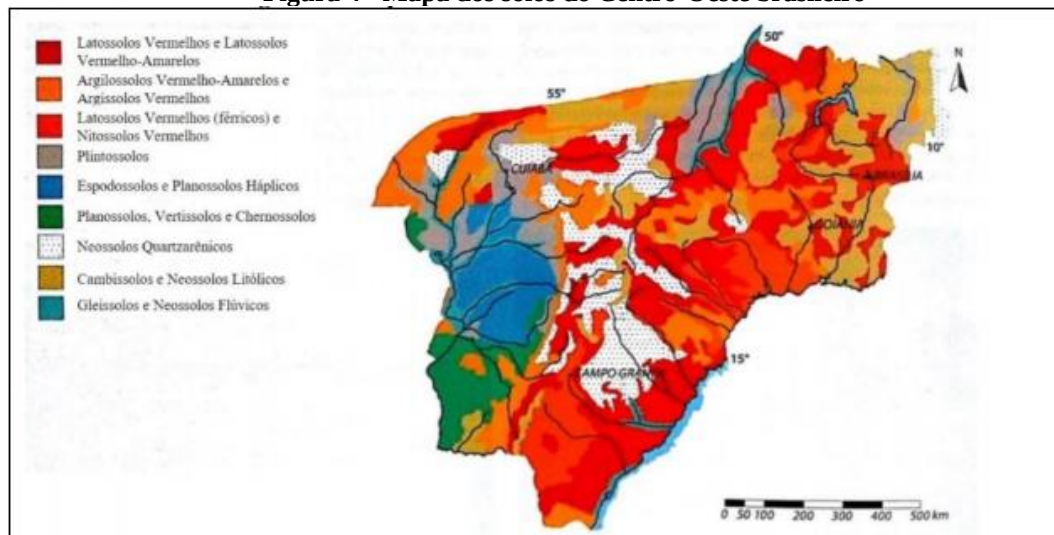
Para Camapum de Carvalho (2006), em terrenos urbanos, a origem da voçoroca vem do aumento do volume e da concentração de águas superficiais, além da aplicação errada da drenagem, sendo muito encontrada em ravinas e voçorocas próximas a rodovias, ferrovias e outras obras de engenharia. Já no meio rural, surgem e se desenvolvem a partir das alterações hidrológicas na bacia de drenagem, desmatamentos e outras interferências que o homem pode causar.

2.3. A CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS DE ANÁPOLIS

O município de Anápolis está localizado no interior da região Centro-Oeste, composto pela cidade de Anápolis e muitas outras ao seu redor. A cidade de Anápolis tem uma localização considerada estratégica por estar a 59,3 km de distância da cidade de Goiânia, capital do estado de Goiás e a 153,9 km de Brasília, a capital do país.

A região Centro-Oeste possui vegetação predominante do bioma Cerrado e conforme Lepsch (2010), o solo apresenta baixo nível de nutrientes, além de uma elevada acidez potencial. A Embrapa (2014) complementa afirmando que o solo dessa região é caracterizado por ser bem drenado e possuir baixa fertilidade natural. Para atender níveis de fertilidade adequados para a produção agropecuária, deve haver correção da acidez, com a adição de calcário e também de fertilizantes. No tocante ao relevo, a região Centro-Oeste possui principalmente dois domínios naturais, o Planalto Central e a Planície do Pantanal (LEPSCH, 2010). No Planalto Central, encontram-se os Latossolos, Neossolos, Organossolos e Gleissolos, Plintossolos Pétricos e Argissolos. Já no Pantanal destacam-se os Planossolos, Gleissolos, Neossolos, Vertissolos, Plintossolos e Espodossolos.

Figura 4 - Mapa dos solos do Centro-Oeste brasileiro



Fonte: (EMBRAPA (1981); IBGE (2001) apud LEPSCH, (2010))

De acordo com a imagem acima, os solos e as características principais pertencentes a região centro-oeste são:

Latossolos são os solos mais encontrados no território brasileiro, ocupando cerca de 39% da área total do país. Suas cores variam entre avermelhadas ou amareladas, com texturas

que variam de média a muito argilosa, apresentando também uma alta acidez e sendo mais encontrado em locais com antigas zonas de erosão (EMBRAPA, 2021);

Neossolos são pouco evoluídos e com ausência de horizontes diagnósticos subsuperficiais, não apresentando nenhum horizonte B, considerados jovens e constituídos por material mineral ou orgânico (EMBRAPA, 2021);

Organossolos possuem muito material orgânico vindo da deposição e acúmulo de resíduos vegetais. Por conter um elevado acúmulo de vegetais e altos teores de carbono, possui uma coloração preta ou cinzenta muito escura (EMBRAPA, 2021);

Gleissolos predominam material argiloso e muito argiloso vindo de vários processos de oxidação e redução em ambiente saturado, apresentam grande variabilidade quanto a sua composição química e física em decorrência da natureza do material depositado em ambiente de várzea ou depressão. Suas cores são acinzentadas ou variegadas (EMBRAPA, 2021).

Plintossolos são caracterizados por não apresentarem boas condições de drenagem e sofrer ciclos de redução e oxidação do ferro. Além de ser pobres em carbono orgânico e ricos em ferro, frequentemente são ácidos e com baixa reserva de nutrientes. Encontrado em cores são cinzentas, vermelhas e amareladas (EMBRAPA, 2021);

Argissolos são solos constituídos por material mineral, possuindo um gradiente textural ao longo do perfil, identificando sempre um aumento de argila nas camadas subsuperficiais, enquanto nas superficiais a textura varia de arenosa a argilosa. É encontrado em cores avermelhadas/amareladas ou acinzentadas (SiBCS, 2018).

No município de Anápolis, Jesus (2013) destaca que não existem mapeamentos pedológicos com muitos detalhes para a região. Na cidade de Anápolis foram realizados estudos em regiões específicas, onde obtiveram resultados e foi possível a identificação e classificação das classes de solo predominantes na região.

Um estudo foi feito na bacia do Ribeirão Extrema, Teixeira (2008) dividiu cinco compartimentos do relevo, encontrando e classificando o solo estudado:

- Superfície de Cimeira Plintossolos - Pétricos Concrecionários;
- Interflúvios Latossolos - Vermelho e Vermelho Amarelo;
- Morrotes - Neossolo Litólico;
- Baixas Vertentes - Latossolo Vermelho Amarelo, Latossolo Vermelho, Cambissolo e Neossolo Litólico;
- Planícies Fluviais – Gleissolos.

Enquanto isso, na bacia do Córrego da Lagoinha, Santos e Lopes (2011) estabeleceram quatro compartimentos morfopedológicos e classificaram o tipo de solo encontrado.

Jesus (2013) apresentou os dados morfológicos, morfométricos, geológicos e pedológicos do estudo realizado na região da Alta Bacia do Rio das Antas, onde se encontram Plintossolos, Latossolos e Gleissolos.

Outra bacia estudada foi a do córrego Cesários, onde Santos (2013), conclui que o solo predominante é o Latossolo.

- Compartimento de Cimeira - Plintossolos Pétricos Concrecionários;
- Compartimento das Morrarias - Cambissolos relacionados aos Argissolos Vermelhos, com Neossolos Litólicos;
- Compartimento Inferior – Latossolos;
- Planícies Fluviais - Gleissolos Melânicos.

3.4. CARTOGRAFIA

Segundo o IBGE (1998) o termo “cartografia” foi introduzido etimologicamente no vocabulário em 1839 como a ideia do traçado de mapas. Com o passar do tempo, com a evolução da tecnologia, a cartografia passou a conter a ciência, a técnica e a arte de representar a superfície terrestre.

De forma simplificada, mapas são a representação gráfica convencional visando retratar uma determinada área para um determinado objetivo. É um dos principais recursos metodológicos à disposição da geografia, conseguindo obter representações espaciais com dados que podem influenciar na tomada de decisões e na resolução de problemas (OLIVEIRA, 2007).

A cartografia é o conjunto de estudos e operações científicas, artísticas e técnicas, visando elaborar cartas, projetos, mapas e outras formas de expressão (IBGE – 1993 apud Erba et al., 2005).

3.4.1. CARTOGRAFIA GEOTÉNICA

Conforme o desenvolvimento da humanidade, o aumento da exploração e ocupação do globo terrestre, a necessidade de mapeamento e conhecimento do espaço se tornou indispensável, o que aumentou o campo de abrangência da cartografia, onde possibilitou o uso como análise e planejamento da organização espacial.

Tem-se como exemplo a análise e planejamento da expansão das atividades humanas, como as conquistas territoriais, as guerras, o comércio e o planejamento rural e urbano.

No seu amplo campo de abrangência, a cartografia ao longo da história assumiu diferentes características e desenvolveu algumas facetas específicas, sem, no entanto, jamais deixar de produzir os mapas.

Dentre tantas aplicações da cartografia, nasce a cartografia geotécnica. De acordo com Diniz (1998), a cartografia geotécnica traz a técnica da integração, síntese e representação de informações do solo voltados para engenharia, para oferecer ferramentas e informações suficientes para planejamento e gestão ambiental urbana e territorial.

Zuquette & Gandolfi (2004) afirma que a cartografia geotécnica é composta por dois componentes principais, o mapa (registro de dados de um determinado ambiente) e a carta (documento cartográfico com as interpretações dos mapas). Além disso, definem o termo cartografia geotécnica como à elaboração do produto cartográfico e não à obtenção das informações e dados geotécnicos.

Como o meio ambiente está em constante processo, Diniz (2001) afirma que a cartografia geotécnica faz a interação destes com os meios tecnológicos, usando disso como uma forma de prever com mais assertividade futuras mudanças e compreensão de informações do ambiente.

3.4.2. GEOPROCESSAMENTO

O mapeamento e a junção das informações sobre o meio ambiente, como recursos minerais, propriedades, animais e plantas sempre foi essencial para a sociedade. Visando o desenvolvimento das civilizações, a junção de um ou mais mapas traz dados e combinações importantes. Com o desenvolvimento dos ambientes computacionais tal análise se tornou mais eficiente.

O termo Geoprocessamento se refere ao conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica, influenciando de maneira crescente as áreas de cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional (CÂMARA et al., 2001).

A definição de geoprocessamento, de acordo com Rosa e Brito (1996), é o conjunto de tecnologias destinadas à coleta e ao tratamento de informações espaciais, assim como o desenvolvimento de novos sistemas e aplicações.

De acordo com D'alge (2004), o geoprocessamento e a cartografia se unem. Enquanto a cartografia apresenta um modelo de representação dos processos que ocorrem no espaço

geográfico, o geoprocessamento é a área do conhecimento que utiliza meios computacionais para analisar e tratar tais processos apresentados pela cartografia.

Carvalho et al., (2000) tem o geoprocessamento como um termo amplo, englobando tecnologias de tratamento e manipulação de dados geográficos, tendo como destaque: sensoriamento remoto, digitalização de dados, automação e tarefas cartográficas, sistemas de posicionamento global (GPS) e de informações geográficas (SIG).

3.4.3. SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

De forma geral SIG está inserido no geoprocessamento, sendo um sistema capaz de integrar informações advindas de uma base de dados utilizando a localização geográfica, onde devem estar sempre localizados na superfície terrestre e representados numa projeção cartográfica.

Ozemoy, Smith e Sicherman (1981) definem os SIG como um conjunto de funções automatizadas que permitem o armazenamento, manipulação e visualização dos dados geograficamente localizados.

Smith et al., (1987) afirmam ser um sistema para responder a pesquisas sobre entidades espaciais da base de dados anteriormente preenchida.

Segundo Burrough (1986), consiste em um sistema de ferramentas que permite recolher, guardar, encontrar, pesquisar, transformar e visualizar dados espaciais do mundo real.

Para a utilização de um SIG, de forma básica, são seguidos os seguintes passos:

- Criar e/ou importar no SIG, os mapas, e fontes de dados apropriados;
- Selecionar, manipular os dados para gerar novos mapas, ou novas visões dos mapas originais, a fim de identificar padrões ou processos geográficos;
- Monitorar e/ou prever a evolução do modelo criado.

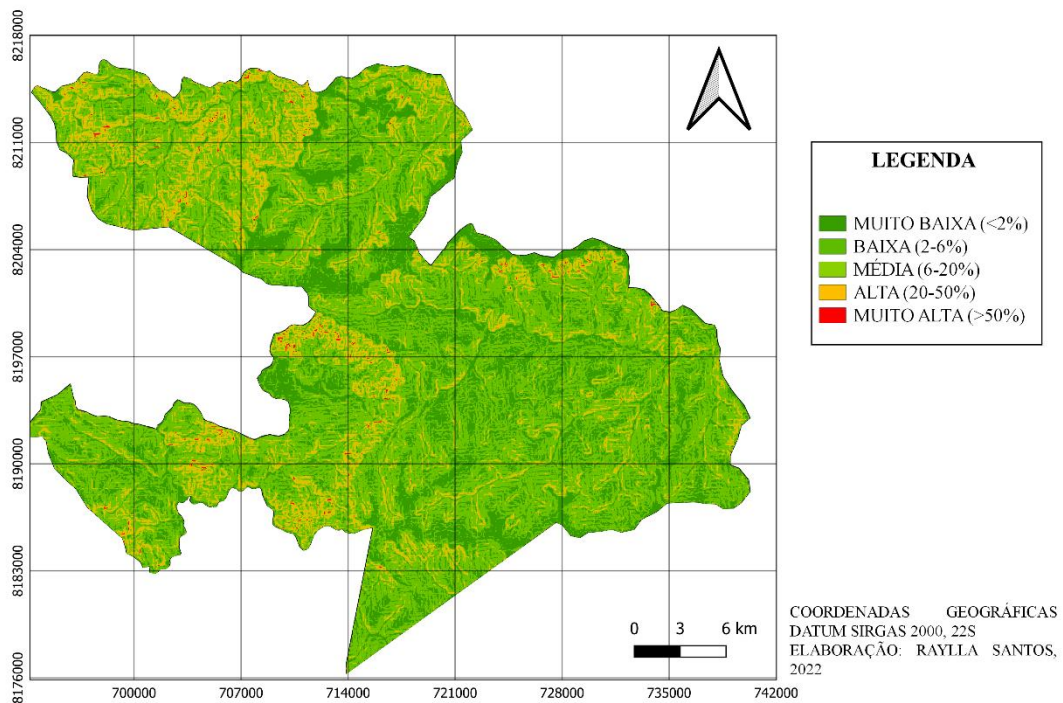
Por ser um sistema que possui a integração de várias referências, tem-se como vantagem a facilidade na análise de dados que precisam de muitas informações cruzadas, como, por exemplo, o uso dos SIG para planejamento urbano, saúde, meio ambiente, mapeamento do uso e ocupação do solo, cadastro imobiliário, monitoramento ambiental e análise e cadastramento de erosões.

Dentre os SIGs existentes, foi escolhido para dar continuidade ao trabalho, o Qgis devido a sua acessibilidade e grande utilização. É um Sistema de Informação Geográfica (SIG) de Código Aberto licenciado segundo a Licença Pública Geral GNU. O QGIS é um projeto oficial da Open Source Geospatial Foundation (OSGeo).

4. RESULTADOS

Na Tabela 2 e Figura 4 é destacada a declividade no município de Anápolis, possuindo um relevo predominantemente suave, com a declividade variando em sua maioria entre 2 e 8%, com baixa fragilidade. Sendo assim, a área estudada é classificada como propícia para desenvolvimento de atividades agrícolas e permitindo um avanço do crescimento da cidade sem muita interferência de relevos acentuados.

Figura 5 - Mapa de declividade do município de Anápolis/GO



Fonte: Elaborado pela autora

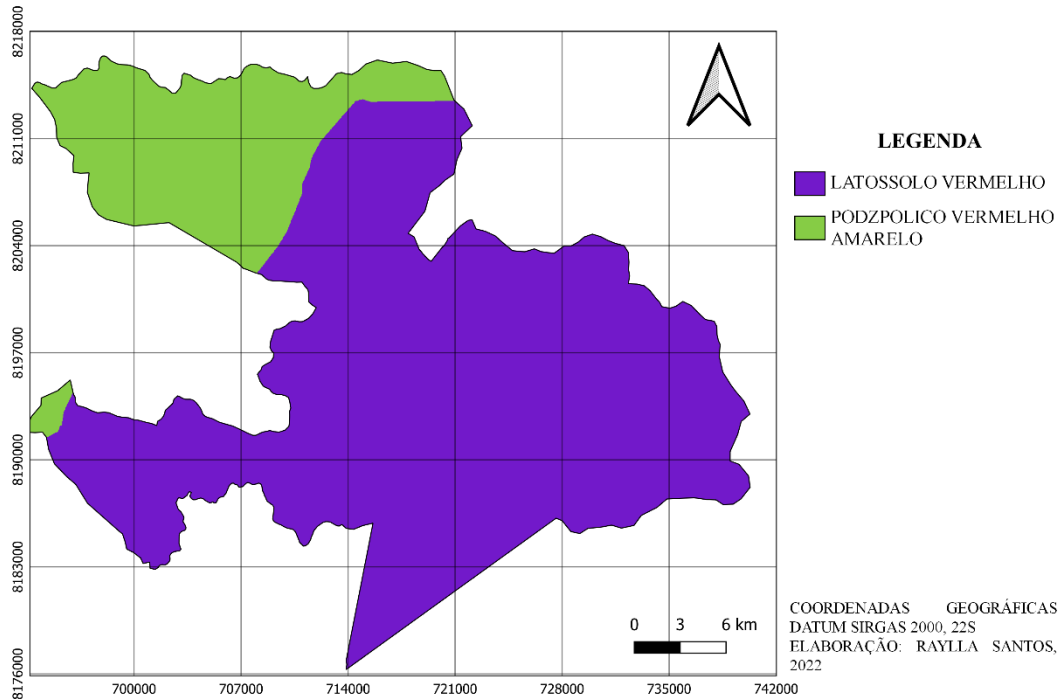
Tabela 2 - Classes de declividade (S) em % e respectiva fragilidade ambiental no município de Anápolis

Declividade	km ²	%	Fragilidade
<2%	233	25	Muito baixa
2-8%	545,9	58,5	Baixa
6-20%	152,5	16,3	Média
20-50%	2,11	0,23	Alta
Total	933,5	100	-

Fonte: Adaptado de Crepani (2001)

As classes dos solos predominantes são: Latossolos (76%) e Podzólicos (24%) (Tabela 3 e Figura 5). São caracterizadas por serem resultados de intensos processos de intemperismo, apresentando características físicas susceptíveis a erosão quando descobertos (EMBRAPA, 2013).

Figura 6 - Mapa das classes de solo no município de Anápolis/GO



Fonte: Elaborado pela autora

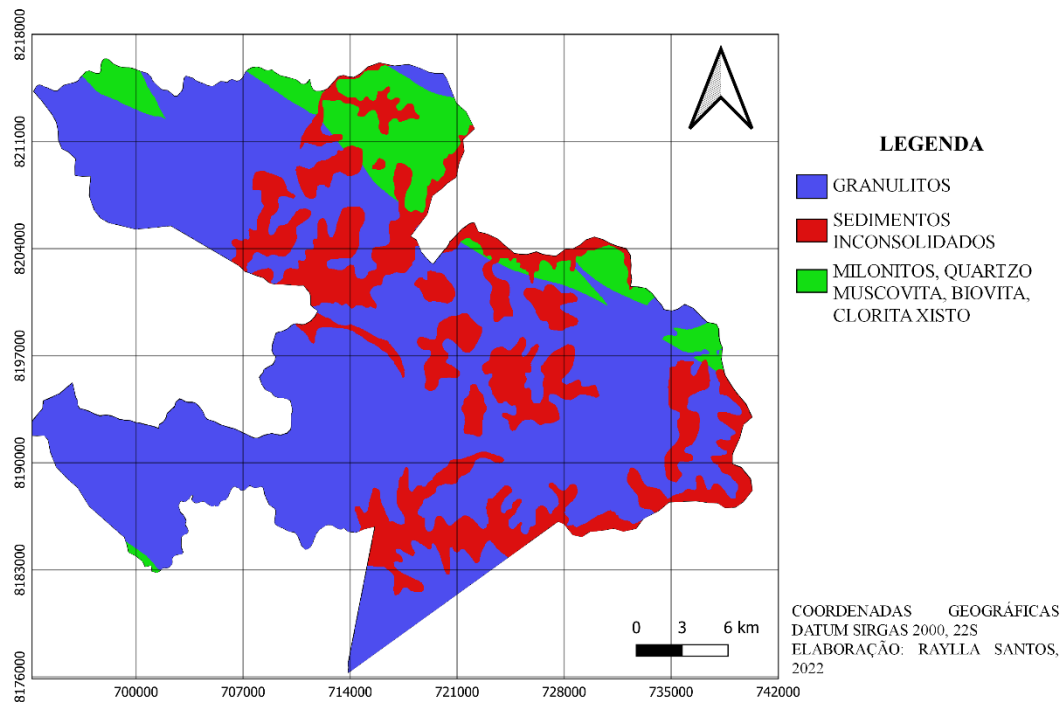
Tabela 3 - Classes de solo e respectiva fragilidade ambiental no município de Anápolis

Símbolo	km ²	%	Classe do solo	Fragilidade
LV	739,6	79,2	Latossolo vermelho	Muito baixa
PV	194	20,8	Podzólico Vermelho amarelo	Média
Total	933,5	100	-	-

Fonte: Adaptado de Crepani (2001)

Na classificação dos tipos de agrupamentos geológicos foi observada a predominância de granulitos, milonitos, quartzo muscovita, biotita, clorita xisto e sedimentos inconsolidados (Figura 6 e Tabela 4).

Figura 7 - Mapa da geologia do município de Anápolis/GO



Fonte: Elaborado pela autora

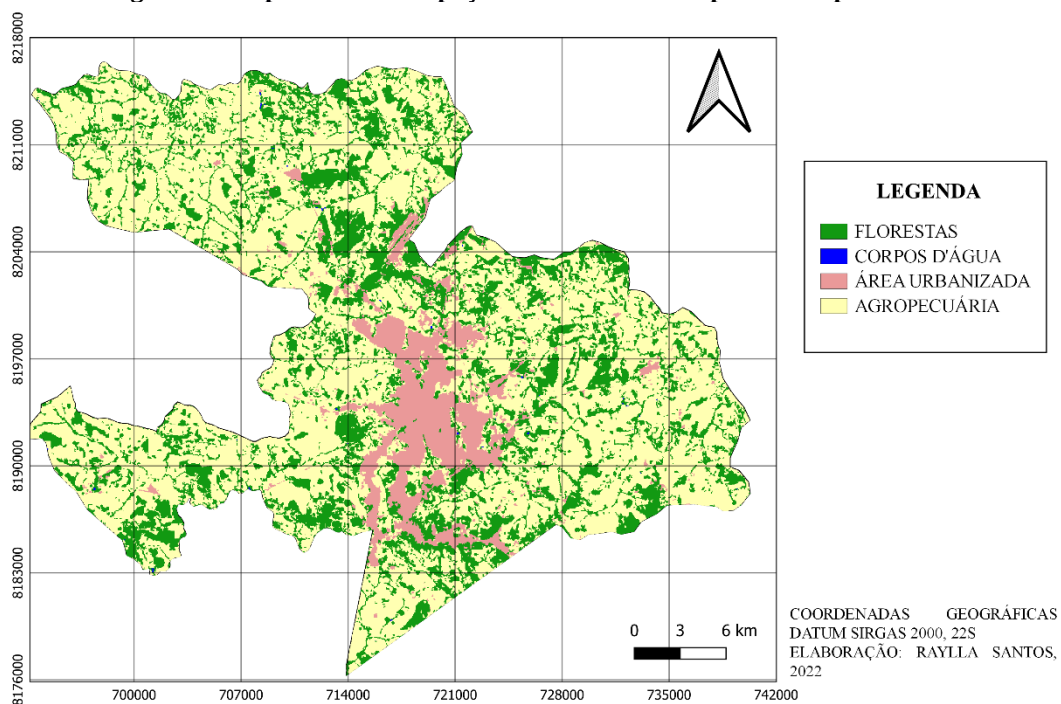
Tabela 4 - Classes de rocha em % e respectiva fragilidade ambiental no município de Anápolis

Rochas	km ²	%	Fragilidade
Granulitos	647,11	69,3	1,2 - Baixa
Milonitos, quartzo muscovita, biotita, clorita xisto	82,46	8,83	1,7 - Moderadamente baixa
Sedimentos inconsolidados	203,95	21,9	3 - Alta
Total	933,5	100	-

Fonte: Adaptado de Crepani (2001)

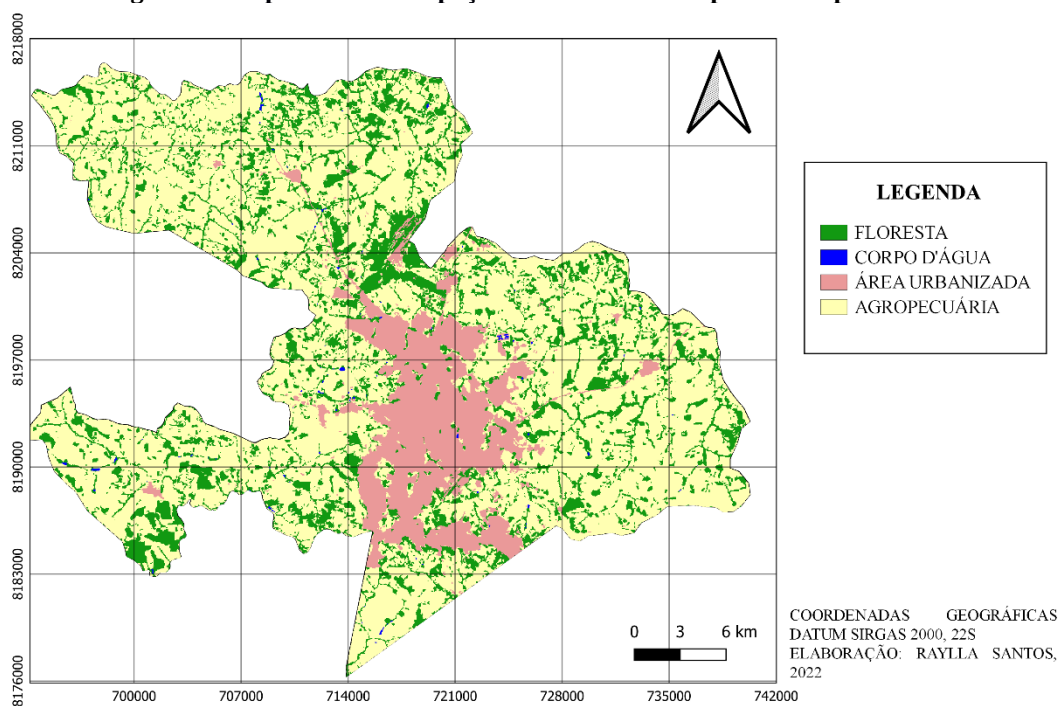
As categorias do uso da terra e cobertura vegetal foram estabelecidas para os anos 1985 e 2020 (Tabela 5 e Figuras 8 e 9), para avaliação do efeito de alteração dos usos sobre a fragilidade ambiental. Nesse contexto, os usos agropecuário tiveram ocupam maiores áreas do município, seguido pelas florestas, áreas urbanas e corpos d'água, respectivamente. Houve um aumento na área utilizada pelo ser humano, mas a predominância de cada tipo permanece.

Figura 8 - Mapa do uso e ocupação do solo do município de Anápolis/GO no ano de 1985



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 9 - Mapa do uso e ocupação do solo do município de Anápolis/GO no ano de 2020



Fonte: Elaborado pela autora

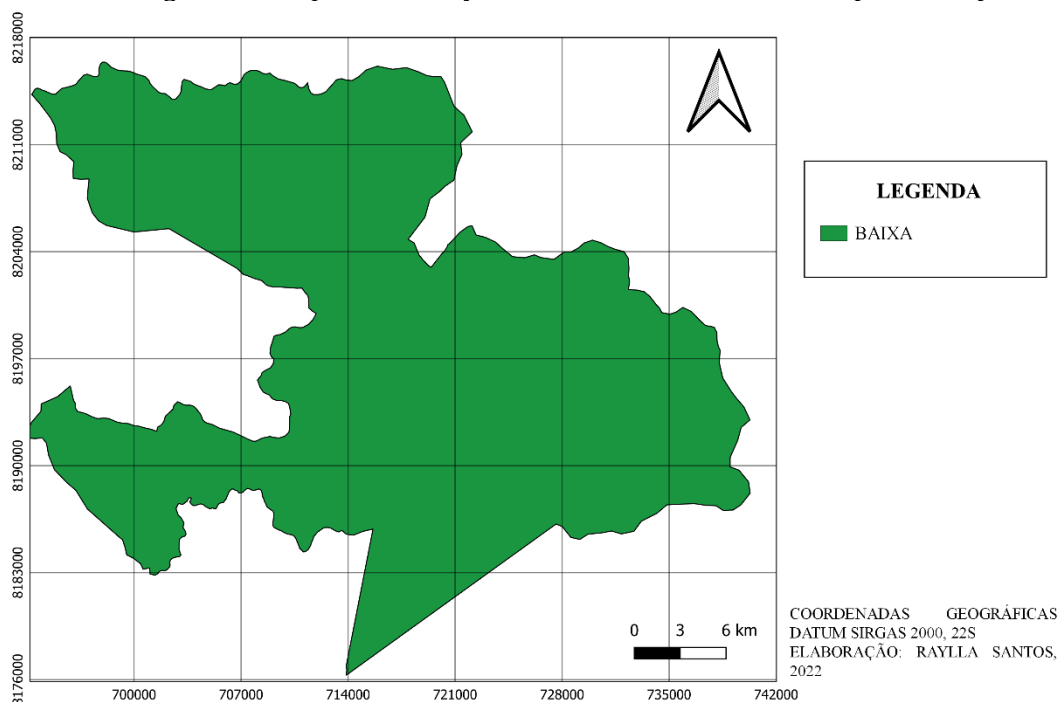
Tabela 5 – Comparação de uso e cobertura do solo dos anos de 1985 e 2020 seu respectivo grau de fragilidade no município de Anápolis

Categorias	1985		2020		Fragilidade
	km²	%	km²	%	
Florestas	255,74	27,4	190	20,4	Baixa
Corpo d'água	0,43	0,05	1,41	0,15	Moderadamente baixa
Área Urbanizada	81,09	8,69	119,6	12,8	Média
Agropecuária	596,24	63,9	622,5	66,7	Moderadamente alta
Total	933,5	100	933,5	100	-

Fonte: Adaptado de Crepani (2001)

A dissecação horizontal se refere à porosidade e à permeabilidade do solo e da rocha. Quando são impermeáveis, causam o aumento da quantidade de água em superfície para ser drenada em direção às partes mais baixas do terreno, causando maior capacidade erosiva (CREPANI, 2001). O resultado obtido no cálculo da dissecação horizontal no município de Anápolis foi 1 em todo o território, correspondendo a uma baixa fragilidade, (Figura 9). Isso acontece porque, quanto menor for a intensidade de dissecação, menor é o seu risco perante a estabilidade do solo.

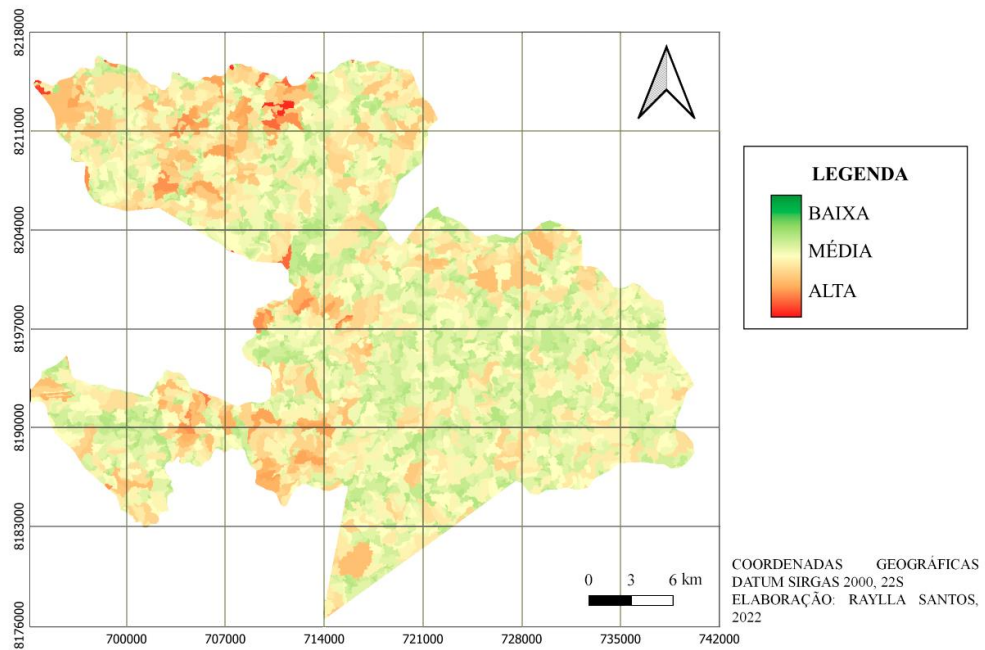
Figura 10 - Mapa da dissecação horizontal do relevo do município de Anápolis/GO



Fonte: Elaborado pela autora

A amplitude altimétrica distribuída do município de Anápolis destaca a predominância de fragilidade classificada como baixa e média (Tabela 6 e Figura 9), indicando que a energia potencial que as águas pluviais adquirem no ponto mais alto ao mais baixo do relevo apresentam baixo potencial impacto e propensão a perda de solo.

Figura 11 - Mapa da amplitude altimétrica do relevo do município de Anápolis/GO



Fonte: Elaborado pela autora

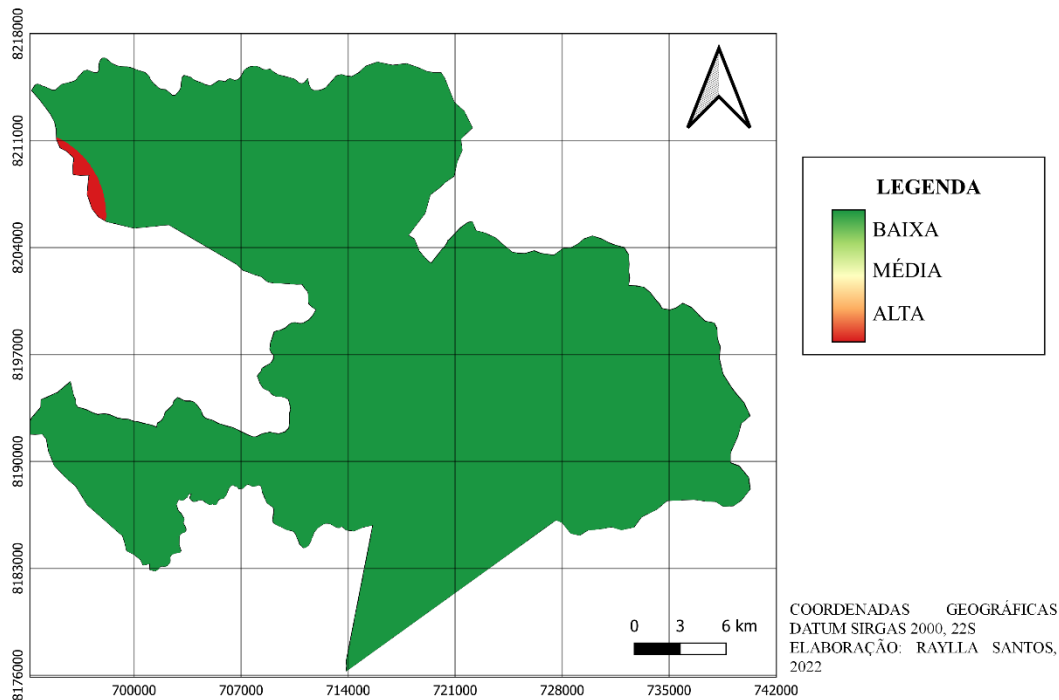
Tabela 6 – Classificação da amplitude altimétrica e respectiva fragilidade ambiental no município de Anápolis

Classificação	km²	%	Fragilidade
1	43,83	4,69	Baixa
1.1	55,06	5,9	
1.2	82,47	8,83	
1.3	105,1	11,3	
1.4	99,52	10,7	
1.5	80,8	8,65	
1.6	88,5	9,48	
1.7	84,72	9,07	
1.8	68,47	7,33	
1.9	42,3	4,53	
2	34,19	3,66	Média
2.1	25,3	2,71	
2.2	11,43	1,22	
2.3	14,1	1,51	
2.4	53,4	5,72	
2.5	10,45	1,12	
2.6	17,44	1,87	
2.7	1,82	0,19	
2.8	3,6	0,39	
2.9	9,6	1,03	
3	1,47	0,16	Alta
Total	933,6	100	-

Fonte: Adaptado de Crepani (2001)

Na figura 11 é observada a distribuição do potencial erosivo da chuva na área estudada. O intervalo de reclassificação predominante foi entre 1,5 e 1,6, mostrando que o potencial de erosividade da chuva no município é baixo.

Figura 12 - Mapa da erosividade no município de Anápolis/GO



Fonte: Elaborado pela autora

Após a elaboração de todos os mapas e a reclassificação de cada fator, foi aplicada a AHP. O primeiro passo foi determinar os pesos equivalentes à influência que o fator analisado tem sobre a fragilidade do solo. o

Os de 7 fatores pré-estabelecidos (chuva, uso e ocupação, classes de solo, declividade, geologia, amplitude altimétrica e dissecação horizontal) estão organizados em colunas da esquerda para direita e em linhas de cima para baixo seguindo a hierarquia de mais para menos influentes.

Devido ao grande potencial erosivo a chuva foi considerada a de maior influência, seguida do uso e ocupação, visto que a influência antrópica pode aumentar o grau de erodibilidade. No caso de Anápolis, como apresentado, o uso majoritário é na agropecuária e, de acordo com Bacani (2015), os processos erosivos são normalmente associados à agricultura, mas podem ser amenizados quando a execução das plantações e cultivo são feitas de forma planejada e respeitando a conservação ambiental, condizendo com os resultados apresentados nas figuras 12 e 13, mostrando que os locais de uso para agricultura possui fragilidade media. Os outros fatores tiveram resultados de baixa fragilidade do solo e por isso foram organizados conforme a tabela 7.

Tabela 7 - Matriz (A) de comparação pareada com os critérios globais e pesos atribuídos pela pesquisadora

	Chuva	Uso e ocupação	Tipos de solo	Declividade	Geologia	Dissecação
Chuva	1,00	2,50	4,00	6,00	7,50	9,00
Uso e Ocupação	0,40	1,00	2,80	4,50	8,00	8,50
Tipos de solo	0,25	0,36	1,00	3,00	5,00	6,00
Declividade	0,17	0,22	0,33	1,00	3,50	4,50
Geologia	0,13	0,13	0,20	0,29	1,00	1,50
Dissecação	0,11	0,12	0,17	0,22	0,67	1,00
Soma	2,06	4,32	8,50	15,01	25,67	30,50
Número de categorias	6					

Fonte: Adaptado de Saaty (2000)

Seguindo a metodologia de Saaty (2000), a validação foi realizada conforme tabelas abaixo, mostrando que os pesos considerados são válidos devido a razão de consistência ter resultado abaixo de 5%.

Tabela 8 - Matriz (A) normalizada de acordo com Saaty (2000)

	Chuva	Uso e ocupação	Tipos de solo	Declividade	Geologia	Dissecação
Chuva	0,49	0,58	0,47	0,39	0,29	0,29
Uso e Ocupação	0,19	0,23	0,33	0,29	0,31	0,28
Tipos de solo	0,12	0,08	0,12	0,19	0,19	0,19
Declividade	0,08	0,05	0,04	0,07	0,14	0,15
Geologia	0,07	0,03	0,02	0,02	0,04	0,05
Dissecação	0,05	0,027	0,02	0,01	0,03	0,03
Soma	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Fonte: Adaptado de Saaty (2000)

Tabela 9 – Tabela de cálculo para validação dos pesos escolhidos

	Peso das variáveis	Produto vetorial (A*W)	Lambda	Lambda máximo	Índice de consostência (IC)	Índice Randômico IR (ICA)	Razão de consistência (RC)
Chuva	0,42	2,78	6,61	6,31	0,062	1,24	0,051
Uso e Ocupação	0,27	0,91	6,59				
Tipos de solo	0,15	0,19	6,42				
Declividade	0,09	0,03	6,09				
Geologia	0,04	0,009	6,06				
Dissecação	0,03	0,003	6,11				
Soma	1						

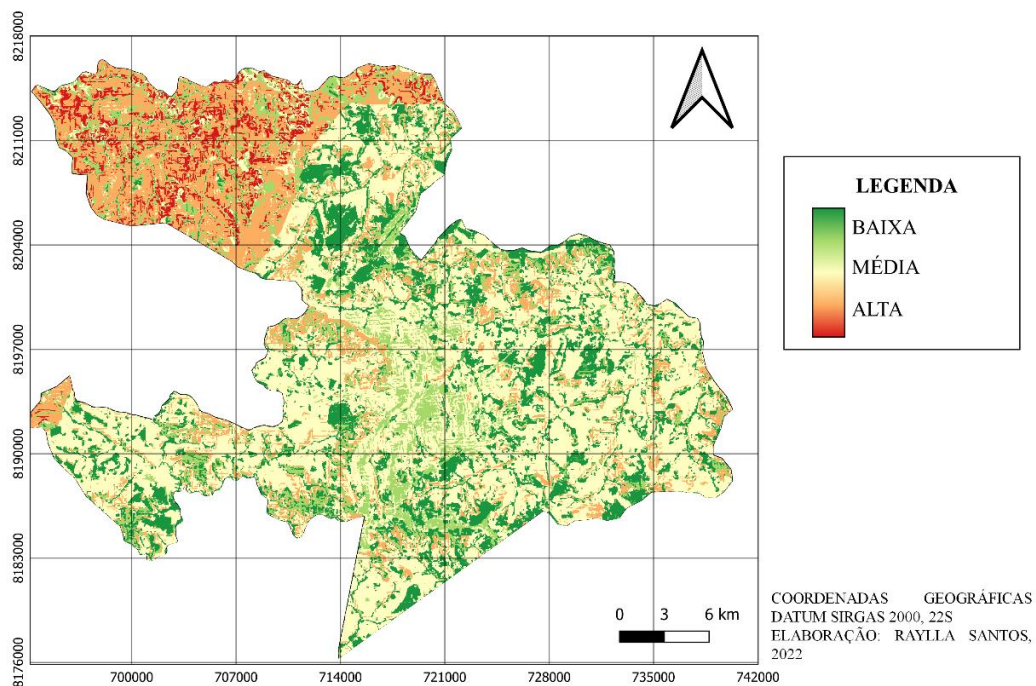
Fonte: Adaptado de Saaty (2000)

Tabela 10 – Pesos encontrados para aplicação da Análise Hierárquica Ponderada

Fatores	Peso das variáveis
Chuva	0,42
Uso e Ocupação	0,27
Tipos de solo	0,15
Declividade	0,09
Geologia	0,04
Dissecação	0,03
Soma	1

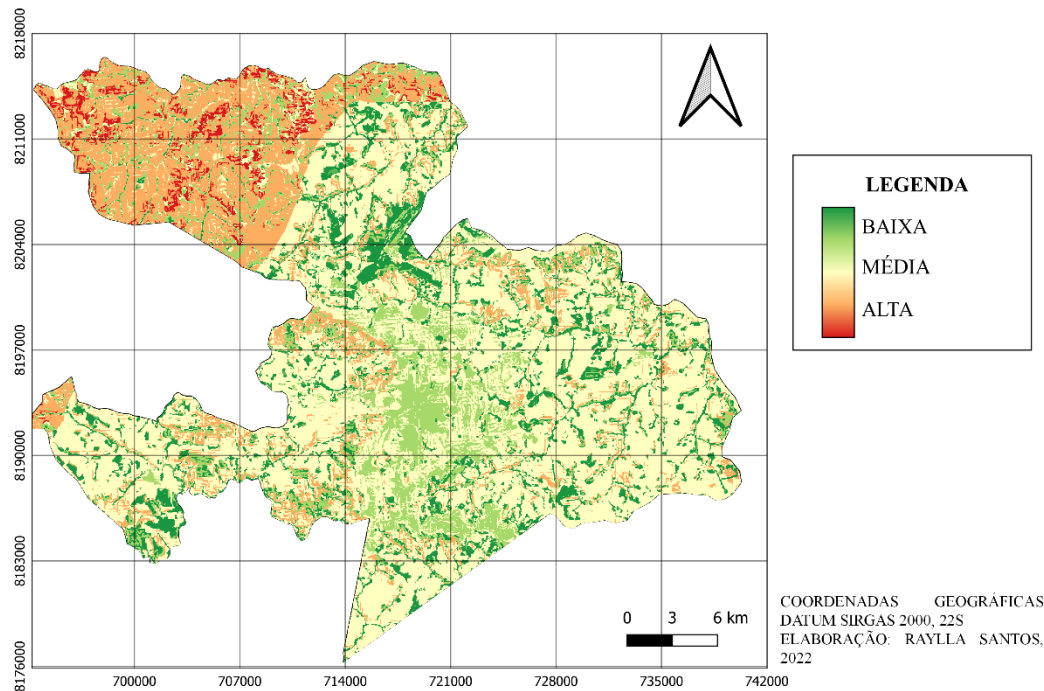
Fonte: Elaborada pela autora

A partir dos pesos, foram realizadas duas aplicações, possuindo como diferença os anos de uso e cobertura do solo, sendo 1985 e 2020, respectivamente. Os mapas de fragilidade ambiental obtidos correspondem às Figuras 12 e 13 e a Tabela 11.

Figura 13 - Mapa da fragilidade Ambiental no município de Anápolis/GO no ano de 1985

Fonte: Elaborado pela autora

Figura 14 - Mapa da fragilidade Ambiental no município de Anápolis/GO no ano de 2020



Fonte: Elaborado pela autora

Tabela 11 - Comparação da fragilidade ambiental dos anos de 1985 e 2020 no município de Anápolis

Classificação	1985		2020		Fragilidade
	km²	%	km²	%	
1	165,62	17,7	117,74	12,6	Baixa
1,5	115,38	12,4	128,35	13,8	Moderadamente baixa
2	431,41	46,2	477,23	51,1	Média
2,5	186,18	19,9	188,67	20,2	Moderadamente alta
3	34,91	3,74	21,53	2,31	Alta
Total	933,5	100	933,52	100	-

Fonte: Elaborada pela autora

Os fatores estudados mostram que o município de Anápolis possui, em sua maioria, baixa e média fragilidade ambiental. Vale ressaltar que, no comparativo, houve uma diminuição das áreas suscetibilidade e um aumento das de médio e alto. É explicado pelo crescimento e desenvolvimento da área urbana e das atividades agropecuárias realizadas no município.

O índice que aumenta essa fragilidade é o uso e ocupação do solo, pois devido ao aumento da área urbanizada e da utilização agropecuária, houve um maior percentual de exposição e provável vulnerabilidade do solo. Sendo assim, a fragilidade da área estudada é média.

O destaque para a classe de fragilidade média no território é consequência da utilização da terra e cobertura vegetal ser predominantemente de atividades agropecuárias, como plantação de soja e áreas de pastagem. Quando são implantadas causam a retirada de coberturas vegetais naturais, aumentando a possibilidade de erosões (ROSS, 1994).

5. CONCLUSÕES

Conclui-se que a fragilidade ambiental no município de Anápolis aumentou entre os anos de 1985 e 2020. De forma geral, as características ambientais sem a interferência antrópica em Anápolis não trazem uma alta suscetibilidade de erosão, mas ao se deparar com o uso e ocupação realizado nesse tempo, a fragilidade ambiental aumentou.

Portanto, a fragilidade ambiental no município de Anápolis é caracterizada por uma fragilidade potencial médio, explicada por seus fatores físicos e pelas formas de utilização das terras, que se encontram cobertas predominantemente por culturas agrícolas e pastagens.

6. ANEXO A – TABELAS DE RECLASSIFICAÇÃO

Tabela 12 - Classes de declividade com os respectivos valores da escala de vulnerabilidade

Classes Morfométricas	Declividade (%)	Vulnerabilidade
Muito baixa	< 2	1
Baixa	2 – 6	1,5
Média	6 – 20	2
Alta	20 – 50	2,5
Muito alta	>50	3

Fonte: Crepani (2001)

Tabela 13 - Valores de vulnerabilidade para a intensidade de dissecação horizontal do relevo

Amplitude do interflúvio (m)	Vulnerabilidade / Estabilidade	Amplitude do interflúvio (m)	Vulnerabilidade / Estabilidade
>5000	1	2250 - 2500	2,1
4750 – 5000	1,1	2000 - 2250	2,2
4500 – 4750	1,2	1750 - 2000	2,3
4250 – 4500	1,3	1500 - 1750	2,4
4000 – 4250	1,4	1250 - 1500	2,5
3750 – 4000	1,5	1000 - 1250	2,6
3500 – 3750	1,6	750 - 1000	2,7
3250 – 3500	1,7	500 - 750	2,8
3000 – 3250	1,8	250 - 500	2,9
2750 – 3000	1,9	<250	3

Fonte: Crepani (2001)

Tabela 14 - Valores de vulnerabilidade para a amplitude altimétrica

Amplitude altimétrica (m)	Vulnerabilidade / Estabilidade	Amplitude altimétrica (m)	Vulnerabilidade / Estabilidade
<20	1	113 - 122,5	2,1
20 - 29,5	1,1	122,5 - 132	2,2
29,5 - 39	1,2	132 - 141,5	2,3
39 - 48,5	1,3	141,5 - 151	2,4
48,5 - 58	1,4	151 - 160,5	2,5
58 - 67,5	1,5	160,5 - 170	2,6
67,5 - 77	1,6	170 - 179,5	2,7
77 - 84,5	1,7	179,5 - 189	2,8
84,5 - 94	1,8	189 - 200	2,9
94 - 103,5	1,9	>200	3
103,5 - 113	2		

Fonte: Crepani (2001)

Tabela 15 - Classes de solo quanto a fragilidade Ambiental

Classe de solo	Legenda	Vulnerabilidade / Estabilidade
Latossolos amarelos	LA	1
Latossolo vermelho-amarelo	LV	
Latossolo vermelho-escuro	LE	
Latossolo roxo	LR	
Latossolo bruno	LB	
Latossolo húmico	LH	
Latossolo bruno-húmico	LBH	
Podzólico amarelo	PA	2
Podzólico vermelho-amarelo	PV	
Podzólico vermelho-escuro	PE	
Terra roxa estruturada	TR	
Bruno não-cálcico	NC	
Brunizém	B	
Brunizém avermelhado	BA	
Planossolo	PL	2,5
Cambissolos	C	
Solos Litólicos	R	3
Solos Aluviais	A	
Regossolo	RE	
Areia Quartzosa	A	
Vertissolo	V	
Solos orgânicos	HO	
Solos hidromórficos	HI	
Glei húmico	HGH	
Glei pouco húmico	HGP	
Plintossolo	PT	
Laterita hidromórfica	LH	
Solos concrecionários lateríticos	CL	
Rendzinas	RZ	
Afloramento rochoso	AR	

Fonte: Crepani (2001)

Tabela 16 - Vulnerabilidade quanto ao uso e cobertura do solo

Atributo	Formações	Vulnerabilidade
Estável	Floresta ombrófila densa e aberta	1
Moderadamente Estável	Área urbana	2
Moderadamente Vulnerável	Vegetação com influência fluvial e/ou lacustre, porte arbustivo	2,3 a 2,6
Vulnerável	Pecuária (pastagens)	2,8

Fonte: Crepani (2001)

Tabela 17 - Escala de vulnerabilidade à denudação das rochas

Quartzitos ou metaquartzitos	1,00	Milonitos, Quartzo, muscovita, Biotita, Clorita xisto	1,70	Arenitos quartzosos ou ortoquartzitos	2,40
Riólito, Granito, Dacito	1,10	Piroxenito, Anfibolito, Kimberlito, Dunito	1,80	Conglomerados, Subgrauvacas	2,50
Granodiorito, Quartzo Diorito, Granulitos	1,20	Hornblenda, Tremolita, Actinolita, xisto	1,90	Grauvacas, Arcózios	2,60
Migmatitos, Gnaisses	1,30	Estaurolita xisto, Xistos granatíferos	2,00	Siltitos, Argilitos	2,70
Fonólito, Nefelina, Sienito, Traquito, Sienito	1,40	Filito, Metassiltito	2,10	Folhelhos	2,80
Andesito, Diorito, Basalto	1,50	Ardósia, Metargilito	2,20	Calcários, Dolomitos, Margas, Evaporitos	2,90
Anortosito, Gabro, Peridotito	1,60	Mármore	2,30	Sedimentos Inconsolidados: Aluviões, Colúvios etc.	3,00

Fonte: Crepani (2001)

Tabela 18 - Escala de erosividade da chuva e valores de vulnerabilidade à perda de solo

Intensidade Pluviométrica (mm/mês)	Vulnerabilidade	Intensidade Pluviométrica (mm/mês)	Vulnerabilidade	Intensidade Pluviométrica (mm/mês)	Vulnerabilidade
<50	1	200 - 225	1,7	375 - 400	2,4
50 - 75	1,1	225 - 250	1,8	400 - 425	2,5
75 - 100	1,2	250 - 275	1,9	425 - 450	2,6
100 - 125	1,3	275 - 300	2	450 - 475	2,7
125 - 150	1,4	300 - 325	2,1	475 - 500	2,8
150 - 175	1,5	325 - 350	2,2	500 - 525	2,9
175 - 200	1,6	350 - 375	2,3	>525	3

Fonte: Crepani (2001)

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

_____. ABNT. **NBR 6502: Rochas e Solos – Terminologia**. Rio de Janeiro, 18 p, 1995.

ÁVILA, F.F. & Lacerda, H. (2006). **Erosão acelerada e suas relações com as formas de relevo e uso da terra na porção sudoeste de Anápolis (GO)**. IV Seminário de Iniciação Científica, UEG, Anápolis, GO.

AB’SABER, A.N. (1977). **Potencialidades paisagísticas brasileiras. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE**. Recursos naturais, meio ambiente e poluição. Rio de Janeiro, RJ, p.19-37.

A FERROVIA NORTE-SUL. [S. l.], 2000. Disponível em: <https://www.valec.gov.br/ferrovias/ferrovia-norte-sul/a-ferrovia-norte-sul>. Acesso em: 23 abr. 2022.

A FERROVIA NORTE-SUL E A INTEGRAÇÃO NACIONAL. Brasília: [s. n.], 2014. Disponível em: https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/0a/00/0a003d38-9110-4bb6-b55d-79a090b611e4/ferrovianorte-sul-baixa.pdf. Acesso em: 23 abr. 2022.

BACANI, V. M., SAKAMOTO, A. Y., LUCHIARI, A., QUÉNOL, H. **Sensoriamento remoto e SIG aplicados à avaliação da fragilidade ambiental de bacia hidrográfica**. Mercator-Revista de Geografia da UFC, v. 14, n. 2, p. 119-135, 2015.

BASTOS, C. A. B. **Estudo geotécnico sobre a erodibilidade de solos residuais não saturados**. 251f. Tese de Doutorado. Porto Alegre/RS: UFRGS, 1999.

BERTONI, J. & LOMBARDI, F. N. (1999). **Conservação do Solo**. Ícone, 4º ed. São Paulo, SP, 335p.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. Ícone, 6ª ed. São Paulo, 2008, 355p.

CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. São Paulo: Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda, 6ª edição, v. 1, 1989.

BERTONI, J. C.; LOMBARDI NETO, J. **Conservação do solo**. 5 ed. São Paulo: Icone, 2005. 355 p.

BUCKLEY, S. NASADEM_HGT v001 (NASADEM Merged DEM Global 1 Arc Second), EarthData, NASA. 2019. Available online: https://lpdaac.usgs.gov/products/nasadem_hgtv001/ (acesso: 10 mai 2022).

CAMAPUM DE CARVALHO, J. et al. **Processos erosivos**. In: CAMAPUM DE CARVALHO, J.; SALES, M. M.; SOUZA, N. M.; MELO, M. T. S. (Org.). **Processos erosivos no centro-oeste brasileiro**. Brasília: Universidade de Brasília: FINATEC, 2006.

COELHO, M. R.; SANTOS, H. G.; SILVA, H. F; AGLIO, M. L. D. **O recurso natural solo**. In: MANZATTO, C. V.; FREITAS JUNIOR, E.; PERES, J. R. R. (Ed.). *Uso agrícola dos solos brasileiros*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. p.1-11.

COUTO, B. O. C. **Análise de erodibilidade em taludes com horizontes resistentes e suscetíveis aos processos erosivos**. 124f. Dissertação de Mestrado. Ouro Preto/MG: UFOP/Escola de Minas/Núcleo de Geotecnia (NUGEO), 2015.

CROZIER, M. J. **Landslides: causes, consequences and environment**. New Hampshire, USA: Ed. Croom Helm, 1986, p. 252.

CÂMARA, G., SOUZA, R.C.M., FREITAS, U.M. & GARRIDO, J. (1996). **SPRING: integrating remote sensing and GIS by object oriented** Data modeling. National Institute for Space Research - INPE, Brazil, J Computer & Graphics 20 (3), p. 395-403.

CARVALHO, E.T.L. (2013). **Avaliação Geotécnica de Poços de Infiltração de Águas Pluviais**. Tese de Doutorado em Geotecnia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, FT, UnB, Brasília, DF.

CARVALHO M. S., DE PINA M. F. & DOS SANTOS S. M. (2000). **Conceitos básicos de Informação Geográfica Aplicada à Saúde**. Rede Interagencial de Informações para a Saúde (RIPSA), Brasília, Brasil, 122 p.

CRUZ LIMA, M. **Degradação físico-química e mineralógica de maciços junto às voçorocas**. 364f. Tese de Doutorado. Brasília/DF: UNB, 2003.

D'ALGE, JÚLIO CÉSAR LIMA. **Cartografia para geoprocessamento**. In: CÂMARA, Gilberto et al. *Introdução à Ciência da Geoinformação*. [S. l.: s. n.], 2004. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>. Acesso em: 17 abr. 2022.

DINIZ, N. C., OGURA, A. T. FREITAS, C. G. L., MACEDO, E. S., CAMPAGNOLI F., ALMEIDA, M> C. J., OLIVEIRA, M. A, VELZI, P. & BOLIVAR, E. (2001). **Aspectos relevantes de estudos específicos de processos do meio físico na confecção da carta geotécnica de Bertiooga – SP**. 4º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, Brasília, DF.

FÁCIO, J. A. **Proposição de uma metodologia de estudo da erodibilidade dos solos do Distrito Federal**. 1991, 122 p. (Dissertação de mestrado em Geotecnia), Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília. Brasília, DF, 1991.

FERNANDES, Rodrigo Luiz Gallo; PEIXOTO, Dario. **Setorização de áreas de risco alto e muito alto em Anápolis – GO**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL, 15., 18-21 out. 2015 , Bento Gonçalves. Anais... Bento Gonçalves: ABGE, 2015

FLORENZANO, T. G. **Introdução à geomorfologia**. In:. *Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais*. São Paulo: Oficina de textos, 2008. p. 11-30.

GERSCOVICH , Denise. **Estabilidade de Taludes**. 2. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2016. 192 p. ISBN 978-85-7975-241-4.

GRAY, D.H.; LEISER, A.T. **Biotechnical Slope Protection and Erosion Control**. Krieger Publishing Company, Malabar, Florida. 1989.

GUERRA, A.J.T. **Processos Erosivos nas Encostas. In: Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Editores: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. 2aed, Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, RJ, 1995.

HAGERTY, D.J. (1991). **Piping/Sapping Erosion II. Identification and Diagnosis**. Journal of Hydraulic Engineering, 117 (8), p. 1009-1025.

INFANTI JUNIOR, N. & FORNASARI FILHO, N. (1998). **Processos de Dinâmica Superficial**. Oliveira, A.M.S., Brito, S.N.A. (Org.). Geologia de Engenharia. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia - ABGE, São Paulo, SP, p. 131-152.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE (1992). **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Diretoria de Geociências, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Rio Janeiro, RJ, n. 1.

JESUS, A.S. & LOPES, L.M. (2006). **Geomorfologia da alta bacia do Rio das Antas, Anápolis (GO) e a ocorrência de processos erosivos**. VI Simpósio Nacional de Geomorfologia, Goiânia, GO.

JESUS, A.S. (2007). **Impactos ambientais na alta bacia urbana do rio das Antas em Anápolis (GO)**. Dissertação de Mestrado em Geografia (Natureza e Apropriação do Espaço do Cerrado), Instituto de Estudos Sócio-Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, 159p.

JESUS, A.S., & SANTOS, L.R. (2002). **Ficha de cadastro da voçoroca do Bairro São Carlos**. UEG, Anápolis, GO, (inédito).

JESUS, A.S., CAMAPUM DE CARVALHO, J. & SANTOS, W.M. (2009C). **Avaliação da evolução de um perfil de solo tropical em área de cabeceira de drenagem: nascente do rio das antas em Anápolis (GO)**. IV Simpósio Sobre Solos Tropicais e Processos Erosivos do Centro-Oeste e de Minas Gerais, ABMS, Uberlândia, MG.

JESUS, A.S., LOPES, L.M. & CAMAPUM DE CARVALHO, J. (2009A). **Implicações do uso e ocupação do solo na gênese de processos erosivos: o exemplo da alta bacia do rio das antas em Anápolis (GO)**. VIII Simpósio nacional de Controle de Erosão. ABGE, São Paulo, SP.

JESUS, A.S., LOPES, L.M. & CAMAPUM DE CARVALHO, J. (2009B). **Erosão acelerada e suas interferências na qualidade de vida: o exemplo da alta bacia do rio das antas na área urbana de Anápolis (GO)**. Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, UFV, Viçosa, MG.

JESUS, A.S. & LACERDA, H. (2004). **Geomorfologia antrópica, riscos geomorfológicos e hidrológicos na porção centro-leste de Anápolis (GO)**. VI congresso Brasileiro de Geógrafos, Goiânia, GO.

KESIA RODRIGUES DOS SANTOS, MARILON SILVA SANTOS, ÉDER RIBEIRO SANTOS. **EROSÃO ACELERADA NA BACIA DO Córrego Cesários em Anápolis (GO): ESPACIALIZAÇÃO E EVOLUÇÃO NO PERÍODO DE 2002 A 2012**. Revista da Pós-graduação em Geografia, do Centro de Ciências Humanas e Letras da UFPI. v. 2, n. 2 (2013).

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. 2ª ed. – São Paulo: Oficina de Textos, 216 p., 2010.

LEPSCH, IGO F. **Formação e conservação dos solos**. 2. ed. [S. l.]: Oficina de textos, 2010. 216 p.

MAGUIRE, D. J. (1991) – **An Overview and Definition os GIS. In Geographical Information Systems, Principles and Applications** – D. J. Maguire, M. F. Goodchild and D. W. Rhin (edits), Longan Scientific & Technical, U.K. 649 p. (Volume 1).

NIMER, E. (1989) **Clima**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Geografia do Brasil: Região Centro-Oeste. Rio de Janeiro, RJ, 268p.

OIKOS. **Estudo de Impacto Ambiental (EIA) das obras de Implantação da Ferrovia OesteLeste (EF 334), entre Figueirópolis (TO) e Ilhéus (BA)**. Rio de Janeiro: [s.n], 2010.

OLIVEIRA, M.C., FAGG, C.W., CAMAPUM DE CARVALHO, J. & CORREIA, C.R.M.A. (2012). **Queimadas, práticas agrícolas, recuperação de áreas degradadas e a infiltração no cerrado**. Camapum de Carvalho, J., Gitirana Junior, G.F.N., Carvalho, E.T.L. (Org.) Tópicos sobre infiltração: teoria e prática aplicadas a solos tropicais. UnB, Faculdade de Tecnologia, Brasília, DF, 644p.

OZEMOY, V. M., SMITH, D. R. AND SICHERMAN, A.. **Evaluating computerized geographic information systems using decision analysis**. Interfaces, 11:92-8, 1981.

PEREIRA FILHO, E.A.; SANTOS, K.R. **Caracterização geral do meio físico na área de implantação do túnel da ferrovia norte-sul em anápolis (go)**. In: XI SINAGEO, 2016, Maringá - PR. Geomorfologia: compartimentação de paisagem, processo e dinâmica [...]. [S. l.: s. n.], 2016. Disponível em: <http://www.sinageo.org.br/2016/trabalhos/8/8-34-1215.html>. Acesso em: 23 abr. 2022.

Saaty, T.L. **Decision making for leaders**. Pitts burg, USA: WS. Publications, 2000.

PINTO, C. S. **Curso básico de Mecânica dos Solos em 16 Aulas**. 3ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 367 p., 2006.

PREFEITURA DE ANÁPOLIS. **Prefeitura recupera erosões**. Disponível em: <http://anapolis.go.gov.br/portal/multimidia/noticias/ver/prefeitura-recupera-erosames>. Acesso em: 20 de abril de 2019.

RADAELLI, V.A. (1994). **Programa de levantamentos geológicos básicos do Brasil**. Anápolis (GO) - Folha SE.22-X-B-II. DNPM/CPRM, Brasília, DF.

RISCO. In: EROSÃO, Dicionário Online de Português. Porto: 7Graus, 2009. Disponível em: <<https://www.dicio.com.br/risco/>>. Acesso em: 19/07/2021.

SAMPAIO, T.V.M. & SOPCHAKI, C.H. **Análise Germofológica aplicada aos estudos de vias de transporte terrestre no Brasil, 2017.**

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. [S. l.: s. n.], 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1094003/sistema-brasileiro-de-classificacao-de-solos>. Acesso em: 18 mar. 2022.

SOUZA, J.C., LACERDA, H. & TEIXEIRA, S.S. (2004). **Erosão acelerada e inundações em Anápolis (GO): Inventário a partir da imprensa local e dos registros do Corpo de Bombeiros**. VI Congresso Brasileiro de Geógrafos, Goiânia, GO, 11p.

VILAR, O.M.; PRANDI, E.C. **Erosão dos Solos**. Solos do Interior de São Paulo. ABMS/USPSC, 1993.

ZIMMER, A. H.; MACEDO, M. C. M.; KICHEL, A. N.; ALMEIDA, R. G. **Degradação, recuperação e renovação de pastagens**. Campo Grande (MS): Embrapa Gado de Corte, 2012. 46 p. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/951322/degradacao-recuperacao-e-renovacao-de-pastagens>>. Acesso em: 24 de junho de 2017.

ZINGG, A. W.; CHEPIL, W. S.; WOODRUFF, N. P. **Sediment transportation mechanics: wind erosion and transportation**. J. Hydraul. Div. Proc. Am. Soc. Civ. Eng., v. 91, paper 4261, 1965

ZUQUETTE, L.V. & NAKAZAWA, V.A. (1998). **Cartas de Geologia de Engenharia**. Oliveira, A.M.S. & Brito, S.N.A. (Eds.) **Geologia de Engenharia**. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia - ABGE, São Paulo, SP, cap. 17, p.283-300.