

**INSTITUTO FEDERAL GOIANO DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA APLICADA E  
SUSTENTABILIDADE - MESTRADO PROFISSIONAL  
CAMPUS RIO VERDE**

**ESTIMATIVA DA PERDA DE SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO  
CÓRREGO DO SAPO, RIO VERDE - GO**

**Orientador: Dr. Édio Damásio da Silva Júnior  
Discente: Érica Caetano da Silva**

**RIO VERDE - GO  
FEVEREIRO – 2023**

**ÉRICA CAETANO DA SILVA**

**ESTIMATIVA DA PERDA DE SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO  
CÓRREGO DO SAPO, RIO VERDE – GO**

Dissertação apresentada à banca examinadora como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA APLICADA E SUSTENTABILIDADE, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde – Área de concentração Engenharia Aplicada e Sustentabilidade.

Orientador: Dr. Édio Damásio da Silva Júnior

**RIO VERDE - GO  
FEVEREIRO – 2023**

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

S586e Silva , Érica Caetano da  
ESTIMATIVA DA PERDA DE SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA  
DO CÓRREGO DO SAPO, RIO VERDE - GO / Érica Caetano da  
Silva ; orientador Dr. Édio Damásio da Silva Júnior. -  
- Rio Verde, 2023.  
55 p.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Aplicada e  
Sustentabilidade ) -- Instituto Federal Goiano,  
Campus Rio Verde, 2023.

1. Geoprocessamento. 2. USLE. 3. Corpos Hídricos .  
4. Perda do Solo . 5. Erosão hídrica. I. Silva  
Júnior, Dr. Édio Damásio da, orient. II. Título.

# TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

## IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

Tese (doutorado)

Dissertação (mestrado)

Monografia (especialização)

TCC (graduação)

Artigo científico

Capítulo de livro

Livro

Trabalho apresentado em evento

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Matrícula:

Título do trabalho:

## RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial:      Não      Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano:      /      /

O documento está sujeito a registro de patente?      Sim      Não

O documento pode vir a ser publicado como livro?      Sim      Não

## DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que 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;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano 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;
- Que 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 Goiano.

Local

/ /  
Data



Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:



Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 37/2023 - SREPG/CMPR/CPG-RV/DPGPI-RV/CMPRV/IFGOIANO

**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO**  
**ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO**

Unidade do IF Goiano:	Campus Rio Verde	
Programa de Pós-Graduação:	Engenharia Aplicada e Sustentabilidade	
Defesa de:	Dissertação	Defesa de número: 60
Data: 29/03/2023	Hora de início: 14:00h	Hora de encerramento: 17:00h
Matrícula do discente:	2020202331440052	
Nome do discente:	Érica Caetano da Silva	
Título do trabalho:	ESTIMATIVA DA PERDA DE SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DO SAPO, RIO VERDE - GO	
Orientador:	Édio Damásio da Silva Júnior	
Área de concentração:	Engenharia Aplicada e Sustentabilidade	
Linha de Pesquisa:	Eficiência Energética e Sustentabilidade	
Projeto de pesquisa de vinculação	ESTIMATIVA DA PERDA DE SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DO SAPO, RIO VERDE - GO	

Titulação:	Mestre em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade
------------	--

Nesta data, reuniram-se os componentes da Banca Examinadora, Prof. Dr. Édio Damásio da Silva Júnior (Presidente da banca), Prof. Dr. Silvio Yoshiharu Ushiwata (Avaliador Externo), Prof. Dr. Lucas Peres Angelini (Avaliador Interno) sob a presidência do primeiro, em sessão pública realizada por vídeo conferência via Google Meet à distância, para procederem a avaliação da defesa de dissertação, em nível de Mestrado, de autoria de ÉRICA CAETANO DA SILVA, discente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade do Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde. A sessão foi aberta pelo presidente da Banca Examinadora, Édio Damásio da Silva Júnior, que fez a apresentação formal dos membros da Banca. A palavra, a seguir, foi concedida o(a) autor (a) da dissertação para, em 40 min., proceder à apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da banca arguiu o(a) examinado(a), tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se a avaliação da defesa. Tendo-se em vista as normas que regulamentam o Programa de Pós-Graduação em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade, e procedidas às correções recomendadas, a dissertação foi APROVADA, considerando-se integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **MESTRE EM ENGENHARIA APLICADA E SUSTENTABILIDADE**. A conclusão do curso dar-se-á quando da entrega na secretaria do PPGEAS da versão definitiva da dissertação, com as devidas correções. Assim sendo, esta ata perderá a validade se não cumprida essa condição, em até **60** (sessenta) dias da sua ocorrência. A Banca Examinadora recomendou a publicação dos artigos científicos oriundos dessa Tese em periódicos de circulação nacional e/ou internacional, após procedida as modificações sugeridas. Cumpridas as formalidades da pauta, a presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa de dissertação de mestrado, e foi lavrada a presente Ata, que, após lida e achada conforme, será assinada pelos membros da Banca Examinadora.

### Decisão da banca: Aprovada

Esta defesa é parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna do IFGoiano.

Documento assinado eletronicamente por:

- SILVIO YOSHIHARU USHIWATA, SILVIO YOSHIHARU USHIWATA - Professor Avaliador de Banca - Instituto Federal Goiano (1), em 29/03/2023 17:31:31.
- Lucas Peres Angelini, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 29/03/2023 17:29:49.
- Edio Damasio da Silva Junior, COORDENADOR(A) DE CURSO - FUC1 - CCMEAS-RV, em 29/03/2023 17:24:48.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 01/03/2023. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 471669  
Código de Autenticação: ccee4b0cdf







SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Documentos 35/2023 - SREPG/CMPR/CPG-RV/DPGPI-RV/CMPRV/IFGOIANO

ESTIMATIVA DA PERDA DE SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DO SAPO, RIO VERDE -  
GO

Autora: Érica Caetano da Silva  
Orientador: Prof. Dr. Édio Damásio da Silva Júnior

TITULAÇÃO: Mestre em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade - Área de  
Concentração Engenharia Aplicada e Sustentabilidade

APROVADO em 29 de março de 2023.

Prof. Dr. Silvio Yoshiharu Ushiwata  
Avaliador externo - UNEMAT /  
Cáceres - MT

Prof. Dr. Lucas Peres Angelini  
Avaliador interno - IFGOIANO/Rio  
Verde

Prof. Dr. Édio Damásio da Silva Júnior  
Presidente da banca - IF Goiano / Rio Verde

Documento assinado eletronicamente por:

- SILVIO YOSHIHARU USHIWATA, SILVIO YOSHIHARU USHIWATA - Professor Avaliador de Banca - Instituto Federal Goiano (1), em 29/03/2023 17:32:42.
- Lucas Peres Angelini, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 29/03/2023 17:27:14.
- Edio Damasio da Silva Junior, COORDENADOR(A) DE CURSO - FUC1 - CCMEAS-RV, em 29/03/2023 17:26:07.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 01/03/2023. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 471692  
Código de Autenticação: 6986fc1203





Dedico este trabalho ao meu pai Jair Alves da Silva (*in memoriam*), que me ensinou como se reerguer diante das adversidades da vida.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por toda a força e saúde que me permitiram chegar até aqui.

Aos meus pais, Aparecida Caetano e Jair Alves, por todos os ensinamentos, acolhimento e amor incondicional.

A minha irmã Erieli Caetano, por sempre me apoiar na busca dos meus sonhos, e presentear com minha afilhada Maria Lis Caetano que hoje é o meu maior incentivo.

Ao meu marido Joacir Zuffo, pela paciência, companheirismo, suporte e principalmente pela sabedoria durante meus momentos de aflição nesta jornada.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Édio Damásio, agradeço por todo seu conhecimento que contribuiu para meu crescimento profissional, pela dedicação a docência e pesquisa, e minha profunda gratidão por toda empatia comigo durante esses dois anos.

Aos meus amigos do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade, Antônio Pires, Mateus Souza e Walkíria Pederiva, agradeço imensamente por todo o apoio e amparo que me deram, e por todos os momentos de dificuldades e alegrias compartilhadas. E, também não poderia deixar de agradecer a Hevrlí Pilatti e Maria Antônia, pela disponibilidade e conhecimento compartilhado, fundamentais para a obtenção dos resultados desta pesquisa.

Ao Instituto Federal Goiano e aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade, pela oportunidade de aprendizado e capacitação.

"Nenhuma grande descoberta foi feita sem um  
palpite ousado".  
(Isaac Newton)

## RESUMO

A bacia hidrográfica do Córrego do Sapo é uma relevante bacia do município de Rio Verde (GO), seu corpo hídrico principal é parcialmente canalizado no trecho urbano, de modo que 80% da área urbana drena para o córrego, que sofre efeito de moradias de invasão, esgoto clandestino doméstico ou industrial, escoamento superficial e arraste de sólidos para o leito do córrego. Esse depósito de sedimentos para a calha do córrego pode provocar o seu assoreamento, aumentando a probabilidade de ocorrer enchentes e inundação das vias, além da diminuição da qualidade da água. Assim, este estudo teve como objetivo analisar as relações entre a erosividade, erodibilidade, aspectos do relevo, uso e cobertura da terra e erosão hídrica bacia hidrográfica do córrego do Sapo, para o período seco e chuvoso. Para isso, foram utilizados bases de dados gratuitas e a *Universal Soil Loss Equation* (USLE), com o uso de sensoriamento remoto e geoprocessamento. A perda de solo potencial foi predominante na classificação fraca, cerca de 71% da área total de estudo, o fator mais influente foi o LS (variou de 0 a 81,6), em que se verificou grande similaridade entre os mapas do fator LS e da erosão potencial, o que mostra como a topografia influencia na erosão. Para estimativa de perda de solo real houve o domínio da categoria ligeira (51%), seguida de muito alta (14%), com valores de 0 a 1136,5 t.mm.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, com os maiores resultados observadas nas áreas próximas aos corpos hídricos, combinadas com altos valores topográficos e o uso de pastagem. A bacia caracterizou-se como urbanizada, aproximadamente 58% da área total (3166,1 ha). Os resultados deste estudo demonstram a importância de boas práticas de manejo, visto que a bacia em questão apresentou áreas com altos valores para erosão, que aliado com sua localização e o uso e cobertura da terra pode trazer prejuízos ambientais e econômicos. O trabalho poderá ser usado para implantação de ações para o gerenciamento e o planejamento dos recursos naturais da bacia.

**Palavras-chave:** Corpos hídricos Urbanos. Geoprocessamento. Perda do solo. USLE.

## ABSTRACT

The Córrego do Sapo is a relevant watershed in the municipality of Rio Verde (GO), its main water body is partially channeled in the urban section, so that 80% of the urban area drains into the stream, being affected by low-income housing invasion, domestic or industrial clandestine sewage, surface runoff and drag of solids to the stream bed. This sediments reservoir for the stream channel can cause its silting up, increasing the probability of roads flooding, in addition of reducing the water quality. Thus, this study aimed to analyze the relationships between rainfall erosivity, soil erodibility, relief aspects, land use and land cover and the Sapo creek hydrographic basin, for dry and rainy seasons. For this, free databases and the Universal Soil Loss Equation (USLE) were used, with the use of remote sensing and geoprocessing. Potential soil loss was predominant in the weak classification, about 71% of the total studied area, the most influential factor was the LS (ranging from 0 to 81.6), in which great similarity was demonstrated between the maps of the LS factor and the downward influence, which shows how the topographical influence of the atmospheric influence. For real soil loss estimation, the light category prevailed (51%), followed by very high (14%), with values from 0 to 1136.5 tn.mm.ha-1.year-1, with the highest results observed in areas close to water bodies, combined with high topographic values and pasture use. The basin was characterized as urbanized, approximately 58% of the total area (3166.1 ha). The results of this study demonstrated the importance of good management practices, since the basin in question presented areas with high values for management, which, combined with its location and land use and cover, can bring environmental and health damage. The work can be used to implement actions for the management and planning of the basin's natural resources.

**Keyword:** Urban water bodies. Geoprocessing. Soil loss. USLE.

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO GERAL.....	1
1.1	Justificativa.....	1
1.2	Revisão de Literatura.....	2
1.2.1	Bacia hidrográfica.....	2
1.2.2	Erosão.....	3
1.2.3	Uso e cobertura da terra.....	4
1.2.4	Transporte de sedimentos.....	5
1.2.5	Deposição de sedimentos.....	6
1.2.6	Equação Universal da Perda de Solos (EUPS).....	7
1.2.7	Fator de Erosividade (R).....	8
1.2.8	Fator de erodibilidade do solo (K).....	8
1.2.9	Fator Topográfico (LS).....	9
(P)	1.2.10 Fator de uso e manejo da terra (C) e Práticas Conservacionistas do solo	9
2.	OBJETIVOS.....	11
2.1	Objetivo geral.....	11
2.2	Objetivos específicos.....	11
3.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	12
4.	CAPÍTULO 1 – ARTIGO 1.....	16
4.1	Introdução.....	19
4.2	Material e Métodos.....	20
4.2.1	Área de estudo.....	20
4.2.2	Aquisição de bases de dado.....	21
4.2.3	Procedimentos metodológicos.....	22
4.2.4	Fator de Erosividade (R).....	23

4.2.5 Fator de erodibilidade do solo (K).....	24
4.2.6 Fator Topográfico (LS).....	25
4.2.7 Estimativa da Perda de Solos Potencial.....	25
4.2.8 Fator de uso e manejo da terra (C) e Práticas Conservacionistas do solo (P) .....	26
4.2.9 Estimativa da Perda de Solos Real .....	27
4.3 Resultados.....	28
4.3.1 Fator de erosividade (R) .....	28
4.3.2 Fator de erodibilidade (K) .....	30
4.3.3 Fator topográfico (LS) .....	30
4.3.4 Erosão potencial.....	31
4.3.5 Fator de uso e cobertura da terra, manejo e práticas conservacionistas do solo (CP) 33	
4.3.6 Erosão real.....	34
4.4 Discussão .....	36
4.5 Conclusões.....	39
4.5 Referências Bibliográficas (Capítulo 1) .....	39
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	42

**LISTA DE TABELAS**

- Tabela 1.1 - Localização e período de obtenção dos dados das estações pluviométricas.....**Erro! Indicador não definido.**
- Tabela 1.2 - Classificação proposta por Carvalho em MJ.mm.ha-1.h-1.ano-1. **Erro! Indicador não definido.**
- Tabela 1.3 - Classes de solos e respectivos índices de erodibilidade da bacia hidrográfica do Córrego Sapo, Goiás..... **Erro! Indicador não definido.**
- Tabela 1.4 - Classificação dos solos em função do fator da erodibilidade (K). **Erro! Indicador não definido.**
- Tabela 1.5 - Classificação da erosão potencial..... **Erro! Indicador não definido.**
- Tabela 1.6 - Classificação e categorias de perda de solo para a erosão real.....**Erro! Indicador não definido.**
- Tabela 1.7 - Erosão Potencial anual da bacia hidrográfica do Córrego Sapo. . **Erro! Indicador não definido.**
- Tabela 1.8 - Uso e cobertura da terra e fator CP da bacia hidrográfica do Córrego Sapo, Goiás .....**Erro! Indicador não definido.**
- Tabela 1.9 - Erosão hídrica real anual da bacia hidrográfica do Córrego Sapo, Goiás.....**Erro! Indicador não definido.**
- Tabela 1.10 - Uso e cobertura da terra nas categorias de erosão real da bacia hidrográfica do Córrego Sapo, Goiás..... **Erro! Indicador não definido.**



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.1 - Uso e ocupação de solo no Brasil. .... **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 1.2 - Deposição de sedimentos no techo canalizado do Córrego do Sapo. .... **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 1.3 - Processo de deposição de sedimentosl..... **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 1.4 - Processo de dragagem no Córrego do Sapo..... **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 1.5 - Localização da bacia hidrográfica do Córrego do Sapo, Brasil**Erro! Indicador não definido.**
- Figura 1.6 - Precipitação média mensal de janeiro de 1975 a dezembro de 2021, na bacia do Córrego do Sapo, sudoeste goiano, Brasil ..... **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 1.7 - Comparação entre a imagem da composição de banda colorida e a imagem da fusão de bandas..... **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 1.8 - Erosividade (R) dos períodos chuvosos e secos da bacia hidrográfica do Córrego do Sapo, Brasil..... **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 1.9 - Mapa de erosividade (R) anual da bacia hidrográfica do Córrego do Sapo. . **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 1.10 - Mapa de solos e de erodibilidade (K) da bacia hidrográfica do Córrego do Sapo ..... **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 1.11 - Mapa do Fator topográfico (LS) da bacia hidrográfica do Córrego do Sapo ..... **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 1.12 - Erosão potencial dos períodos chuvosos e secos da bacia hidrográfica do Córrego do Sapo, Brasil . .... **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 1.13 - Erosão potencial anual da bacia hidrográfica do Córrego do Sapo, Brasil.. **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 1.14 - Uso e cobertura da terra e Fator CP bacia hidrográfica do Córrego do Sapo, Brasil..... **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 1.15 - Erosão real dos períodos chuvosos e secos da bacia hidrográfica do Córrego do Sapo, Brasil..... **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 1.16 - Erosão potencial anual da bacia hidrográfica do Córrego do Sapo, Brasil.. **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 1.17 - Identificação das áreas sensíveis a perda de solo na bacia hidrográfica do Córrego do Sapo, Brasil. .... **Erro! Indicador não definido.**





**LISTA DE QUADROS**

Quadro 1.1 - Relação das bases de dados usados no trabalho e plataformas de aquisição. **Erro!**  
**Indicador não definido.**

# 1. INTRODUÇÃO GERAL

## 1.1 Justificativa

A erosão hídrica do solo pode ser definida como uma série de transferências de energia e matéria ocasionadas por um desequilíbrio do sistema água/solo/cobertura vegetal, que resultam na perda gradual de solo (DEMARCH, PIROLI e ZIMBACK, 2019). A erosão do solo causa consequências graves, como a perda da capacidade produtiva, o empobrecimento do solo (FIORESE *et al.*, 2019), o assoreamento dos corpos hídricos e a diminuição da qualidade da água.

O uso e cobertura da terra influencia diretamente os processos erosivos, enquanto alguns usos apresentam alta tendência para perda de solo, outros possuem baixa. A urbanização é um dos usos que mais transforma a natureza. O crescimento da maioria das cidades brasileiras foi consolidado ao redor de rios, tendo em vista a necessidade da utilização das águas. Com isso, surge a preocupação de como a urbanização pode sobrecarregar e impactar o meio ambiente.

Para Martins (2017) existe grande relação entre o tipo de uso e ocupação do solo com o assoreamento em corpos hídricos, quanto mais exposto está o solo, maior a probabilidade de haver erosões e por consequência produção de sedimentos. Para as áreas urbanizadas, além do risco da erosão ainda existe o carregamento dos resíduos que são jogados nas ruas e lotes.

O rápido processo de crescimento dos municípios médios nas últimas décadas tem motivado estudos relacionados à gestão, ao ordenamento territorial e ao planejamento. Com o objetivo de alcançar o crescimento de forma sustentável, associando o crescimento urbano e o desenvolvimento econômico, as técnicas e os produtos incluídos pelo sensoriamento remoto, sistemas de informações geográficas e cartografia digital têm sido grande aliado ao desafio de planejar e ordenar o espaço urbano e seus arredores, possibilitando subsídios técnicos para as decisões (STANGANINI E LOLLO, 2018).

A cidade de Rio Verde (GO) é destaque em âmbito nacional por sua economia relacionada ao agronegócio, experimenta há alguns anos uma fase de crescimento não só econômico, mas, também populacional, causado pela expansão da área urbana, contribuindo para a poluição dos corpos hídricos que ficam localizados dentro do município (ASSIS, 2021).

A bacia hidrográfica do Córrego do Sapo foi selecionada para este estudo, pois periodicamente a prefeitura do município de Rio Verde (GO) necessita realizar manutenção do trecho urbano canalizado do Córrego do Sapo, retirando os sedimentos transportados para evitar possíveis alagamentos e garantir a conservação do recurso hídrico e, esse processo possui custo elevado para os órgãos públicos, além dos danos ambientais e sociais.

Outro ponto importante é a relevância da cidade do cenário do agronegócio brasileiro, em que os solos produtivos tornam-se um dos recursos fundamentais para economia, a perda de solos férteis por processos erosivos implica na necessidade de elevados custos adicionais para manter os níveis de produção.

## **1.2 Revisão de Literatura**

### ***1.2.1 Bacia hidrográfica***

A definição de bacia hidrográfica pode ser dita como um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, são formadas nas regiões mais elevadas do relevo por divisores de água e as águas das chuvas escoam superficialmente formando os rios, ou infiltram no solo para formação de nascentes e do lençol freático (MENDES, 2018).

De acordo com Tucci e Mendes (2006) as principais características de uma bacia hidrográfica são a área de drenagem, declividade do rio, a declividade da bacia e o comprimento do rio principal. Além desses, outro fator característico é a cobertura vegetal.

Ainda segundo Mendes (2018), a dinâmica hídrica da bacia acontece pelo processo de renovação hidrológico, que consiste na drenagem da água da chuva para os pontos mais baixos do terreno através do escoamento superficial ou infiltração. No entanto, o funcionamento deste ciclo tem sido prejudicado por ações antrópicas que ocasionam a gradativa perda de componentes que interferem na conservação local (SANTOS; SOUSA; LIMA, 2018).

Entre os anos de 1997 e 2017, a demanda por água no Brasil teve aumento expressivo de mais de 80%, tornando a manutenção da disponibilidade e qualidade da água grande desafio e dificultando severamente o estabelecimento de políticas efetivas de governança hídrica (Agência Nacional das Águas - ANA, 2019). Em 2017 o estado de Goiás por exemplo, passou por grave situação hídrica e, desde então, periodicamente o governo vem decretando emergência no Rio Meia Ponte, que abastece 39 municípios do estado, para garantir a

segurança hídrica e evitar o racionamento no abastecimento na região metropolitana de Goiânia e Anápolis (FIEG, 2018; SEMADS, 2020).

No município de Rio Verde, as fontes de água atuais mais importantes são o Ribeirão das Abóboras (300 a 320 L.s<sup>-1</sup>) Ribeirão da Laje (média de 100 a 110 L.s<sup>-1</sup>) e subterrâneas (80 L.s<sup>-1</sup>), que são insuficientes para atender o gasto atualmente e no futuro da população urbana da cidade (ALVES, 2019). Essa insuficiência tem gerado conflitos entre seus usuários.

### **1.2.2 Erosão**

Segundo a Ana (2022) a erosão é um processo físico que constitui na degradação, transporte do solo, pela água ou pelo vento, este fenômeno que forma o relevo terrestre é chamado de erosão geológica ou normal, porém, quando o solo é desprovido de sua vegetação natural e sujeito ao cultivo, fica exposto diretamente aos processos erosivos, com intensidade muito maior dos agentes erosivos. Esta remoção rápida do material do solo é denominada de erosão acelerada ou simplesmente erosão: o fenômeno mais eficiente de enfraquecimento do solo.

Como mencionado anteriormente o processo de erosão acontece naturalmente, mas pode ser acelerado por ações antrópicas. A erosão quando processo natural acontece pelo desgaste da superfície da terra por água, gelo ou outros agentes naturais, sem perturbações provocadas pelo homem. Existem vários tipos de erosão, dentre as principais estão a erosão hídrica, fluvial e a eólica.

A erosão hídrica é um dos processos de degradação mais perigosos, principalmente em áreas com altos índices pluviométricos. A erosão pela água é habitual em áreas de elevadas precipitações pluviométricas e em regiões com solo revolvido e sem cobertura vegetal (ANA, 2022). Com o impacto da chuva no solo desprotegido ocorre a ruptura dos agregados, que são separados em partículas menores podendo preencher a superfície do solo induzindo a selagem e a diminuição da porosidade e contribuindo para o aumento do escoamento das águas (BASSO, 2018). Três tipos principais de erosão hídrica são reconhecidos: laminar, em sulcos e em voçorocas. A erosão laminar foi o objeto de estudo deste trabalho.

A erosão laminar caracteriza-se pela ocorrência de remoção de uma camada fina e relativamente uniforme do solo pela precipitação pluvial (chuva) e pelo escoamento superficial. Seu processo consiste no arraste horizontal das camadas superficiais como uma varredura, transporta o melhor solo das camadas produtivas, solo que em muitos casos seria utilizado na produção agrícola (SILVA *et al.*, 2007).

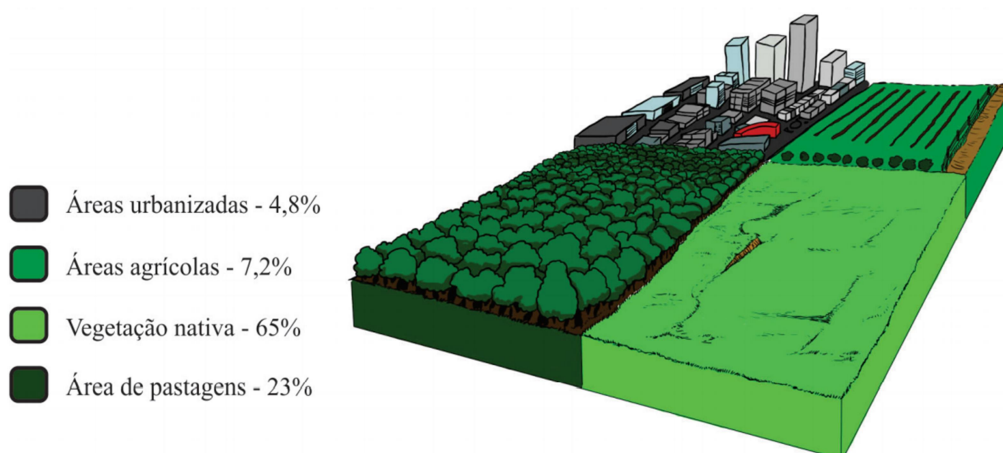
Sem a chance de mapear e visualizar a erosão do solo em grandes escalas, a erosão do solo ficará fora do foco das mais importantes políticas ambientais e agrícolas, como os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas, a Política Agrícola Comum (PAC) da União Europeia, a Plataforma Intergovernamental de Políticas Científicas sobre Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos (IPBES) e a Convenção das Nações Unidas para Combater a Desertificação (UNCCD) (ALEWELL et al., 2019). Dessa maneira, surge a importância de estudos locais, que divulguem informações e deem subsídio para o planejamento e a gestão do solo.

### 1.2.3 Uso e cobertura da terra

A cobertura sobre o solo é de grande importância na prevenção e controle da erosão e dos agravamentos do processo erosivo, ela melhora a resistência à erosão pelo abastecimento de matéria orgânica, além disso, protege o solo contra o impacto direto das gotas de chuva e ajuda no espalhamento e evaporação da água antes de atingir a superfície, possibilitando maior infiltração da água no solo (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2008).

Segundo estudo feito por Fernandes *et al.* (2016), dentre os 850 milhões de hectares de terras que o Brasil possui, 61 milhões são ocupados com áreas agrícolas e 195,5 milhões com pastagens. A Figura 1.1 elucida a importância de mapear o uso e cobertura da terra, por causa da influência do desmatamento, urbanização, pastagens e áreas agrícolas, na análise dos processos erosivos.

**Figura 1.1 - Uso e cobertura da terra no Brasil.**



Fonte: Adaptado de Ministério do Meio Ambiente e IBGE (2014); Fernandes *et al.* (2016).



O município de Rio Verde é o maior exportador de grãos do estado de Goiás, com culturas variadas, sendo as principais delas: a soja, o milho e o sorgo. A área cultivada pelo município ultrapassa a 378.853 mil hectares e, é responsável por 1,2% da produção de grãos no Brasil. Além das áreas agrícolas, o município também se apresenta como polo agroindustrial em crescente desenvolvimento e as atividades desenvolvidas na região incluem a criação bovina, suína e avícola (PREFEITURA MUNICIPAL DE RIO VERDE, 2016).

Em Rio Verde, exemplo de como o uso e cobertura são distribuídos, na bacia hidrográfica do rio Verdinho, o uso divide-se em área de culturas agrícolas (53,89%), área de vegetação nativa do Cerrado/mata (25,55%), pastagem (19,02%) seguida de eucalipto (0,77%) e outras menos representativas (ALVES *et al.*, 2021). Na bacia ribeirão das Abóboras, localizado no mesmo município, o uso é dividido em agricultura (62%), matas/cerrado (19,60%), pastagem (11,93%), eucalipto (3,97%), área industrial (1,17%), rodovias (0,51%), granjas (0,43%), área urbanizada (0,25%), solo exposto (0,13%).

#### ***1.2.4 Transporte de sedimentos***

A produção de sedimentos é definida como a quantidade de partículas erodidas que são transportadas pelo curso d'água. Essa produção ocorre por fatores antrópicos ou naturais, pode ser expressa em metros cúbicos ou em toneladas, quando referida à área da bacia, podendo ser expressa também como produção específica, em  $\text{m}^3.\text{km}^{-2}.\text{ano}^{-1}$  ou  $\text{t}.\text{km}^{-2}.\text{ano}^{-1}$  (PEREIRA, 2010).

Para Mohammad *et al.* (2016) a carga de sedimentos nos rios é influenciada pelo tipo de solo, cobertura vegetal, uso da terra e topografia da bacia hidrográfica. No rio os sedimentos são transportados pela corrente, porém quando essa corrente chega a determinado reservatório o fluxo diminui e o sedimento é depositado.

A acelerada mudança no uso do solo, nos últimos anos por conta da urbanização e do desenvolvimento do agronegócio, ocasionou grandes impactos ao meio ambiente, com relevância para processos erosivos hídricos. A mudança do uso do solo reflete direta e/ou indiretamente, nas mudanças dos aspectos da morfologia do canal, nos parâmetros hidrossedimentológicos como carga de sedimentos e o transporte (AMARAL, ROSA e FORMIGA, 2021).

### 1.2.5 Deposição de sedimentos

Como mencionado anteriormente, quando o fluxo da corrente do rio diminui, acontece a deposição de sedimentos, que também é um processo sedimentológico. A Figura 1.2 ilustra o assoreamento da parte canalizada do Córrego do Sapo oriunda da deposição de sedimentos.

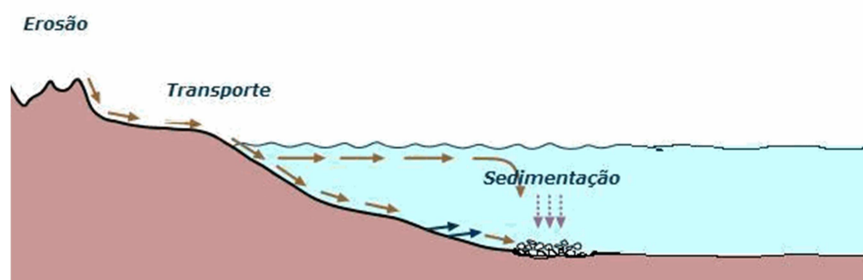
**Figura 1.2 – Deposição de sedimentos no trecho canalizado do Córrego do Sapo.**



Fonte: Autora (2021).

Segundo Carvalho (2008), o processo de deposição (Figura 1.3) ocorre quando as forças do escoamento reduzem até a condição de não poder continuar a deslocar a partícula. Esse depósito pode ocorrer em locais planos, em canais, planícies de inundação, reservatórios, deltas, estuários ou no oceano, ocasionando diversos problemas como: aumento do risco de enchentes, redução do volume d'água, vida útil do lago, dependendo da quantidade, qualidade e local de deposição.

**Figura 1.3 – Processo de deposição de sedimentos.**



Fonte: Disponível em <ruisoares65 / Ana Arrojado (pbworks.com)>. Acesso 10 de agosto de 2021.

O solo transportado pelo processo erosivo e depositado no trecho canalizado do Córrego do Sapo, periodicamente é retirado pela prefeitura municipal por meio de dragagem, gerando elevados custos (Figura 1.4). Dragagem é um serviço de desassoreamento, alargamento, desobstrução, remoção ou escavação do material do fundo de rios, lagoas, mares, baías e canais de acesso a portos. Seu principal objetivo é a manutenção e/ou aumento da profundidade (CUSTÓDIO, 2016).

**Figura 1.4 – Processo de dragagem no Córrego do Sapo.**



Fonte: Autora (2021).

No estudo feito Amaral, Rosa e Formiga (2021), na bacia hidrográfica do rio Meia Ponte, localizada no estado de Goiás, as diferenças altimétricas e a precipitação, foram os fatores que mais colaboraram com a disponibilidade de sedimentos no sistema. Em resumo, os valores de concentração de sedimentos suspensos para a área em estudo estão profundamente ligados à sazonalidade, pelo maior deflúvio do canal principal. Os autores ressaltaram ainda que os dejetos provenientes da urbanização, a exemplo do esgotamento sanitário, podem influenciar também nos valores encontrado, principalmente no período de estiagem, em que não há água o bastante para a diluição desses sólidos.

### ***1.2.6 Equação Universal da Perda de Solos (EUPS)***

Os modelos de erosão do solo ajudam a reconhecer as áreas susceptíveis à erosão, estimam as taxas de erosão e identificam as possíveis razões de sua ocorrência, colaborando para o manejo do solo (MAJHI *et al.*, 2021).

Desenvolvida por Wischmeier e Smith em 1978 a Equação Universal de Perdas de Solo – EUPS, em inglês *Universal Soil Loss Equation* – USLE, expressa a quantidade de

perda média anual de solo ( $\text{tn} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ ) que poderá ocorrer em uma área cultivada (COLODRO *et al.*, 2002). Segundo Bernini (2012), esta equação foi revisada, utiliza algoritmos para o cálculo de perda de solo e considera conceitos de base física para determinação de alguns dos seus componentes em ambiente computacional.

O modelo é um método empírico, não é baseado na descrição e simulação do processo, mas na compreensão do mesmo, capturando os parâmetros mensuráveis e delineando um algoritmo matemático a partir da ligação entre esses parâmetros e a medição da erosão (ALEWELL *et al.*, 2019). A equação é dada pela multiplicação de fatores naturais, erosividade (R), erodibilidade (K) topológico (LS) e os fatores que sofrem a influência antrópica. A USLE é um dos modelos para previsão de perda do solo mais usados nas últimas décadas, a modelagem já foi aplicada em mais 109 países (ALEWELL *et al.*, 2019).

### **1.2.7 Fator de Erosividade (R)**

O fator erosividade da chuva ( $\text{MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$ ), segundo Lombardi Neto e Moldenhauer (1992) é um índice que representa o potencial de erosividade causado pela chuva resultando na perda de solo, uso e manejo da terra (C) e práticas conservacionistas do solo (P).

O parâmetro retrata numericamente a força da chuva e do escoamento e é formado por valores EI30 de cada evento de chuva de um local, sendo que a soma destes determina o resultado do fator R (MACIEL, 2000).

Alves (2019) estudando a erosividade em uma bacia próxima a área do presente trabalho (bacia hidrográfica do Rio Verdinho), encontrou resultados variando de 7.647,09  $\text{MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$  a 8.383,59  $\text{MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$ . O autor mencionou que em locais que apresentam maior intensidade de chuvas e, por consequência, maior erosividade, com a combinação de solos, dissecação do relevo e uso da terra favoráveis aos processos erosivos, pode afetar a qualidade hídrica.

### **1.2.8 Fator de erodibilidade do solo (K)**

O fator de erodibilidade solo é definido como a propriedade do solo que expressa a maior ou menor facilidade com que suas partículas são desprendidas e transportadas por um agente erosivo (BASTOS, 2000). Correchel (2003) definida ainda que, a resistência a erosão depende de fatores extrínsecos (propriedades físicas, químicas, mineralógicas e biológicas do

solo) e fatores intrínsecos (comprimento, forma, declive de rampa e o tipo de cobertura do solo).

O fator K está estatisticamente ligada as propriedades do solo que influenciam a erodibilidade pela água, são aquelas que modificam a taxa de infiltração, permeabilidade e capacidade total de água, aquelas que podem afetar a dispersão, respingo, abrasão e forças de transporte das chuvas e escoamento (ALEWELL *et al.*, 2019).

A determinação do fator K poder ser feita diretamente, com parcelas experimentais de solo que medem a perda, ou indiretamente, com o uso de análises e fórmulas de amostras de solo. Para Demarchi e Zimback (2014) como o cálculo do fator K em parcelas experimentais é demorado, possui custo alto e dificuldade de implantação, vários pesquisadores propuseram métodos mais acessíveis de estimativa que usam resultados de propriedades conhecidas dos solos.

Por causa das características citadas acima, em muitos estudos os valores de K são obtidos na literatura, levando em consideração as classes de solo com características físicas próximas as das áreas de estudo, como exemplo, podendo citar os trabalhos de Alves (2019), Nunes (2020) e Pilatti (2022).

### **1.2.9 Fator Topográfico (LS)**

O fator topográfico é obtido através do comprimento de vertente (L) e o grau de declive (S), que influenciam sobre a velocidade do escoamento superficial e sobre a perda de solo por erosão (WINCHMEIER e SMITCH, 1978). O fator é um parâmetro fundamental para mensurar a erosão gerada pela influência na velocidade do escoamento superficial (BESKOW *et al.* 2009).

### **1.2.10 Fator de uso e manejo da terra (C) e Práticas Conservacionistas do solo (P)**

O fator C representa a relação esperada entre perdas de solos em áreas com diferentes tipos de uso, cobertura e áreas continuamente descobertas, ambas submetidas às mesmas condições de declividade e de precipitação (JUNIOR, 2013). Este é um fator importante na USLE, retratando as condições que podem ser facilmente modificadas para reduzir a erosão. Desse modo, é muito relevante ter um bom conhecimento sobre o uso da terra na área de estudo, para gerar valores de fator C confiáveis (BESKOW *et al.* 2009).

Já o fator de práticas de conservação (P) é a relação de solo em presença de práticas conservacionistas específicas, com o mesmo solo em ausência destas práticas (GÓMEZ, 2012).

O manejo impróprio dos solos e as consecutivas mudanças de uso da terra causam impactos no ambiente, como a erosão dos solos e a sua diminuição de produtividade, comprometendo, desse modo, a sustentabilidade do ambiente (DORNELLAS *et al.*, 2019). Ao falar no contexto do Brasil, a erosão do solo e a degradação das terras constitui grande problema, afeta as áreas rurais e urbanas (DORNELLAS *et al.*, 2019).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Estimar o processo de perda de solo na bacia hidrográfica do Córrego do Sapo localizado no município de Rio Verde (GO) com o auxílio da Equação Universal de Perda de Solo.

### **2.2 Objetivos específicos**

- ✓ Elaborar um diagnóstico da área estudada do Córrego para auxiliar os órgãos ambientais municipais em sua gestão hídrica;
- ✓ Identificar áreas prioritárias/sensíveis no que se refere à perda de solo.

### 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, W. S. Geotecnologias aplicadas em estudos hidrogeográficos na bacia do Rio Verdinho – Sudoeste de Goiás – Brasil. 2019. 212 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Goiás, Jataí, 2019. Disponível em: <<https://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/10259>>. Acesso em: 25 fev. 2023.

ALVES, Wellmo Santos et al. Geotechnologies applied in the analysis of land use and land cover (LULC) transition in a hydrographic basin in the Brazilian Cerrado. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, v. 22, p. 100495, 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Manual de Consumo de Água no Brasil. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Práticas Mecânicas e conservação de água e solo. Unidade 1 – Erosão Hídrica. Disponível em: [https://capacitacao2.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/62/2/Unidade\\_1.pdf](https://capacitacao2.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/62/2/Unidade_1.pdf). Acesso em: 20. Nov. 2022.

ALEWELL, Christine et al. Using the USLE: Chances, challenges and limitations of soil erosion modelling. *International soil and water conservation research*, v. 7, n. 3, p. 203-225, 2019.

AMARAL, Ana Karolyna Nunes; ROSA, Lucas Espíndola; FORMIGA, Klebber Teodomiro Martins. Estudo do transporte de sedimentos em suspensão ao longo da bacia hidrográfica do rio Meia Ponte–Go. *Ateliê Geográfico*, v. 15, n. 2, p. 94-113, 2021.

ASSIS, Márcia Franco. QUALIDADE DA ÁGUA DO CÓRREGO DO SAPO NA ZONA URBANA DE RIO VERDE-GO. 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade)- IF GOIANO, 2021. Acesso em: 06 out. 2022.

BASSO, B. T. Estimativa de erosão utilizando a equação universal de perdas de solo (EUPS): o caso do alto curso do Rio Chopim. (Dissertação – Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Francisco Beltrão – Paraná. 2018.

BASTOS, C. A. B.; MILITITSKY, J.; GEHLING, W. A avaliação da erodibilidade dos solos sob o enfoque geotécnico – pesquisas e tendências. In: II Simpósio de Prática de Engenharia Geotécnica da Região Sul, GEOSUL, p. 203-211. 2000.

BERNINI, H. Diagnóstico da erosão hídrica para planejamento de conservação e manutenção de mananciais de abastecimento público: o caso de Espigão D'Oeste – RO. 2012. 127f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Rondônia – UNIR. Rondônia, 2012.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do Solo. São Paulo: Ícone, 2008.



COLODRO, G.; CARVALHO, M.P.; ROQUE, C.; PRADO, R. M. Erosividade da chuva: distribuição e correlação com a precipitação pluviométrica de Teodoro Sampaio (SP). *Revista Brasileira Ciência do Solo*. n.26.. 2002.

CORRECHEL, V. Avaliação de índices de erodibilidade do solo através da técnica da análise da redistribuição do “Fallout” do <sup>137</sup>Cs. Tese. Centro de Energia Nuclear na Agricultura. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

CUSTÓDIO, A. L. G. Deposição e erosão de sedimentos finos: estudo em canal anular. Dissertação (Mestre em engenharia civil). Técnico Lisboa, 2016.

DEMARCHI, Julio Cesar; PIROLI, Edson Luís; ZIMBACK, Célia Regina Lopes. Estimativa de perda de solos por erosão na bacia hidrográfica do Ribeirão das Perobas (SP) nos anos 1962 e 2011. *Raega-O Espaço Geográfico em Análise*, v. 46, n. 1, p. 110-131, 2019.

DEMARCHI, J. C.; ZIMBACK, C. R. L. Mapeamento, erodibilidade e tolerância de perdas de solo na sub-bacia do Ribeirão das Perobas. *Energia na Agricultura*, v. 19, n.2, p. 102-114, 2014.

DORNELLAS, P. C. et al. VULNERABILIDADE À EROSÃO DOS SOLOS NA BACIA DO ALTO RIO PARAÍBA, SEMIÁRIDO PARAIBANO. In: XVIII Simpósio Brasileiro de Geografia física e aplicada. 2019, Fortaleza (CE). (anais) [...] Fortaleza: UFCE, 2019. IBSN: 978-85-7282-778-2.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS NO ESTADO DE GOIÁS – FIEG. Preservação e conservação da água e do solo: estudo estratégico com propostas para enfrentar o desafio da escassez hídrica. Goiânia, 2020. Disponível em: <[https://www.sistemafieg.org.br/repositoriosites/repositorio/portalfieg//associar/2018/Livreto\\_preservacao\\_agua\\_web.pdf](https://www.sistemafieg.org.br/repositoriosites/repositorio/portalfieg//associar/2018/Livreto_preservacao_agua_web.pdf)>. Acesso em: 10 de janeiro 2021.

FERNANDES, A. L. T.; ANDRADE, D. D. O.; GOUVÊA, E. S.; ASSIS, L. C. Diagnóstico do agronegócio de Uberaba – MG. Universidade de Uberaba, 2016.

FIGLIARESE, Caio Henrique Ungarato et al. Levantamento do potencial natural de erosão dos solos das áreas de pastagem e cafeicultura do município de Muniz Freire, Estado do Espírito Santo. *Cadernos Camilliani e-ISSN: 2594-9640*, v. 16, n. 3, p. 1547-1563, 2021. Disponível em: <https://www.saocamilo-es.br/revista/index.php/cadernoscamilliani/article/view/418/255>. Acesso em: 10 out. 2022.

GÓMEZ, J. D. P. Estimativa de erosão pela Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) e transferência de sedimentos para todo o território Brasileiro. Dissertação (Mestrado em Ciências). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 2012.

JUNIOR, P. P. A. Avaliação da produção e transporte de sedimentos na bacia hidrográfica do rio Itaqueri, municípios de Itirapina e Brotas – SP. Dissertação (Mestre em Ciências da Engenharia Ambiental). Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W. C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas (SP). *Bragantia*, Campinas, v. 51, n. 2, p.189-196, 1992.

- MACIEL, M. M. Aplicação da equação universal de perdas de solo (usle) em ambiente de geoprocessamento e sua comparação com aptidão agrícola. 2000. 88 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Área Concentração Ciência do Solo) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000. Disponível em: <<https://www.acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/39052/D%20-%20MANOEL%20MARQUES%20MACIEL.pdf?sequence=2>>. Acesso em: 25 fev. 2023.
- MAJHI, Anindya et al. Towards improved USLE-based soil erosion modelling in India: A review of prevalent pitfalls and implementation of exemplar methods. *Earth-Science Reviews*, v. 221, p. 103786, 2021.
- MARTINS, C. S. Influência do tipo de uso e ocupação do solo no assoreamento do reservatório Bom Jardim, Uberlândia –MG. 155 p. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/21419>. Acesso em: 04 out. 2022.
- MENDES, A. T. Delimitação da bacia hidrográfica do Rio Santo Antônio pela ferramenta de delimitação automática TauDEM. *Revista Brasileira de Geografia Física*, vol. 11, n. 03, p. 973-986, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/234278>. Acesso em: 15 fev. 2021.
- MOHAMMAD, M. E.; Al-ANSARI, N.; ISSA, I. E.; KNUTSSON, S. Sediment in Mosul Dam reservoir using the HEC-RAS model. *Lakes & Reservoirs: Research & Management*, v. 21, n. 3, p.235-244, set. 2016.
- Nunes, N. da C. Análise espaço-temporal da erosão hídrica em bacias hidrográficas no Sudoeste de Goiás. Instituto Federal Goiano, Rio Verde. 2020. 63 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade) - IF GOIANO, 2019.
- PILATTI, Hevrlí da Silva Carneiro. INTELIGÊNCIA GEOESPACIAL APLICADA AO PLANEJAMENTO E À GESTÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MONTIVÍDIU, SUDOESTE GOIANO. 2022. 159 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade)- IF GOIANO, 2022. Acesso em: 06 out. 2022.
- PEREIRA, M. A. F. Processos hidrossedimentológicos em diferentes escalas espaço temporais no Bioma Mata Atlântica. 2010. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE RIO VERDE. 2016. Disponível em: < Prefeitura Municipal de Rio Verde>. Acesso em: 02 de agosto de 2021.
- SANTOS, L. A.; SOUSA, T. M.; LIMA, I. M. M. F. Hydrogeomorphological Characterization of the Riacho Riachão do Natal River Basin, Piauí, Brazil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, vol. 11, n. 01, p. 357-370, 2018.
- SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL – SEMADS. Governo de Goiás publica decreto com medidas de combate à crise hídrica em 2020. 2020. Disponível em: <<https://www.meioambiente.go.gov.br/noticias/>>. Acesso em 16 novembro. 2020.

SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas. São Carlos: Rima. 2 ed. 158 p. 2007.

STANGANINI, Fábio Noel; LOLLO, José Augusto de. O crescimento da área urbana da cidade de São Carlos/SP entre os anos de 2010 e 2015: o avanço da degradação ambiental. *urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, v. 10, p. 118-128, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/urbe/a/JvMqH7837GprwMhNd6pVsYw/?lang=pt&format=html#>. Acesso em: 15 out. 2022.

TUCCI, C. E. M.; Mendes, C. A. Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica. Ministério do Meio Ambiente, SQA, Brasília, 2006.

WINCHMEIER, W. H., SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses. Guide to Conservation Farming. US Department of Agriculture Handbook, 1978. 58 p.

**4. CAPÍTULO 1 – ARTIGO 1**

**ESTIMATIVA DA PERDA DE SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO  
CÓRREGO DO SAPO, RIO VERDE – GO**

## RESUMO

Rio Verde é um município que se transformou rapidamente nos últimos anos, principalmente pelo desenvolvimento do agronegócio na região. As mudanças sem restrições no uso e cobertura da terra causam impactos ao ambiente circundante em diferentes escalas espaciais, atingindo as bacias hidrográficas. O estudo das implicações ambientais em áreas de interesse é possível por meio da aplicação de Sistemas de Informações Geográficas e de ferramentas de sensoriamento remoto, que permitem verificar os dados/informações espacializados. Assim, objetivou-se mapear e analisar a perda de solo na bacia hidrográfica do Córrego do Sapo, Goiás, Brasil, permitindo a determinação das áreas sensíveis. Foi aplicada o modelo matemático *Universal Soil Loss Equation* (USLE) com o auxílio de geotecnologias, para entender as relações entre erosividade da chuva, erodibilidade, aspectos do relevo, uso e cobertura da terra e a erosão hídrica, analisados para o período seco e chuvoso. Foram usados dados históricos de precipitação pluviométrica para o cálculo da erosividade, mapa de solos da bacia do Paranaíba para obtenção da erodibilidade, modelo *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) para aquisição do fator LS, imagens de 2 m de resolução do Satélite China Brazil Earth Resources Satellite - 4 (CBERS-4A)/Sensor *Multispectral Camera and Panchromatic Wide - SCAN* (WPM) para geração do mapa de uso e cobertura da terra, esses fatores combinados deram origem a perda de solo. Todo processamento dos dados foi feito no software livre QGIS. O período chuvoso representou aproximadamente 93% de toda erosividade anual, implicando na relevância do manejo correto dos solos no período de chuva, uma vez que, solos descobertos podem sofrer com os processos erosivos. A erosão potencial anual variou de 0 a 19186,9 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, com média de 397,5 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, classificada como erosão fraca, teve maior influência dos altos valores topográficos. Para estimativa de perda de solo real os resultados elevados (variou de 0 a 1136,5 tn.mm.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>) foram observados nas áreas próximas aos corpos hídricos, combinadas com altos valores do fator LS e o uso de pastagem. O uso predominante na bacia foi a urbanização, caracterizando a bacia como urbanizada. O trabalho poderá ser utilizado como fonte de informações para subsidiar o planejamento e o manejo dessa importante bacia para o município de Rio Verde.

**Palavras-chave:** Erosão hídrica; Urbanização; Uso do solo.

## ABSTRACT

Rio Verde is a municipality that has changed rapidly in recent years, mainly due to the development of agribusiness in the region. Unrestricted changes in land use and land cover impact the surrounding environment at different spatial scales, reaching watersheds. The study of environmental implications in areas of interest is possible through the application of Geographic Information Systems and remote sensing tools, which allow verification of spatialized data/information. Thus, the objective was to map and analyze soil loss in the Córrego do Sapo watershed, Goiás, Brazil, allowing the determination of sensitive areas. The Universal Soil Loss Equation (USLE) mathematical model was applied with the aid of geotechnologies, to understand the relationships between rainfall erosivity, erodibility, relief aspects, land use and cover and water erosion, analyzed in dry and rainy seasons. Historical rainfall data were used to calculate erosivity, soil map of the Paranaíba basin to obtain erodibility, Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) model to acquire the LS factor, 2 m resolution images from the China Brazil Earth Satellite Resources Satellite - 4 (CBERS-4A)/Sensor Multispectral Camera and Panchromatic Wide - SCAN (WPM) to generate the land use and land cover map, these factors combined gave rise to soil loss. All data processing was done using the free software QGIS. The rainy season represented approximately 93% of all annual erosivity, which implies the importance of correct soil management during the rainy season, since uncovered soils can suffer from erosion processes. Annual potential erosion ranged from 0 to 19186.9 t.ha<sup>-1</sup>.year<sup>-1</sup>, with an average of 397.5 t.ha<sup>-1</sup>.year<sup>-1</sup>, classified as weak erosion, with greater influence of high topographic values. For the estimation of real soil loss, high results (ranging from 0 to 1136.5 tn.mm.ha<sup>-1</sup>.year<sup>-1</sup>) were observed in areas close to water bodies, combined with high values of the LS factor and the pasture use. The predominant use in the basin was urbanization, characterizing the basin as urbanized. The work can be used as a source of information to support the planning and management of this important basin for the municipality of Rio Verde.

**Keyword:** Water erosion; Urbanization; Use of the soil.

## 4.1 Introdução

A necessidade de preservar os recursos naturais tem sido pauta frequente nos atuais cenários de discussões quanto aos impactos ao meio ambiente, e um dos principais problemas relacionados aos recursos é a perda de solo por erosão. Atividades humanas como a urbanização, o desmatamento, o uso inadequado do solo na agricultura, associadas aos fenômenos naturais de precipitação resulta no carreamento dos sedimentos em curto espaço de tempo. E, esse solo transportado, quando depositado no leito dos rios, provoca o seu assoreamento (PAIVA e PAIVA, 2003).

A crescente urbanização sem planejamento e o desmatamento para fins agropecuários geram impactos ambientais, tais como: enchentes, erosão, assoreamento, escorregamentos e poluição da água, comprometendo a qualidade de vida da população. Chuvas intensas em áreas urbanas sem planejamento e com redução contínua da vegetação produz mais sedimentos nos rios, causando assoreamento e favorecendo a ocorrência de enchentes (SCHIMITZ, 2018).

Diante dos problemas causados pelos processos erosivos, principalmente em regiões urbanas cortadas por corpos hídricos, surge a necessidade de estudos que sirvam de suporte para o planejamento e o manejo do meio ambiente. Como os métodos diretos são caros e demorados, os modelos indiretos para prever a perda de solo têm sido cada vez mais aplicados.

A EUPS é um dos modelos mais usadas em todo mundo para calcular a perda do solo (ALEWELL *et al.*, 2019; MAJHI *et al.*, 2021). Esse modelo é difundindo, principalmente, pela aplicação por meio de produtos de sensoriamento remoto com disponibilidade gratuita e técnicas de geoprocessamento em softwares livres.

Levando em consideração o exposto, a proposta da pesquisa foi contribuir com a estimativa da perda de solos na bacia hidrográfica do Córrego do Sapo localizado em Rio Verde (GO), com o uso da Equação Universal de Perda de Solos (EUPS) e com os resultados obtidos auxiliar na gestão ambiental do município.

Rio verde é um município que passou por profundas modificações nas últimas décadas, principalmente por seu destaque no agronegócio, com acelerado crescimento econômico e populacional, em virtude disso, seu meio urbano e rural foram alterados. Essas alterações, quando não bem planejadas, podem causar problemas como a perda de solo.

O córrego do Sapo fica localizado dentro do perímetro urbano de Rio Verde, constantemente sofre com enchentes e induções, e combinado com a erosão do solo pode trazer grandes prejuízos, como a diminuição dos solos férteis e por consequência da produção agrícola, redução da qualidade da água, perda de ecossistemas, assoreamento dos rios, entre outros.

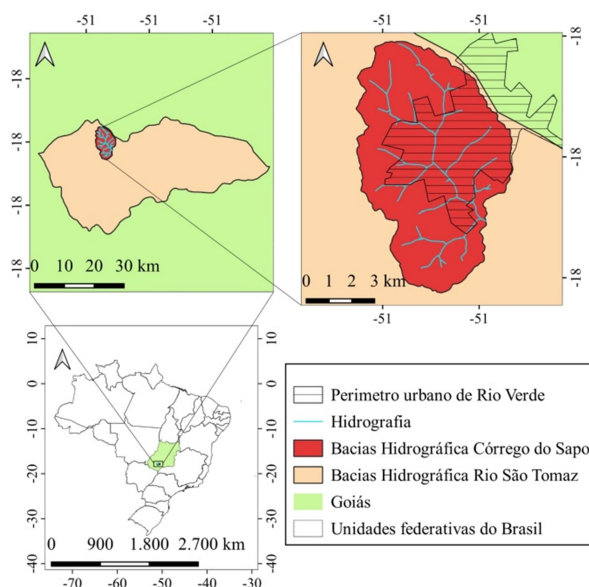
## 4.2 Material e Métodos

### 4.2.1 Área de estudo

A área de estudo está localizada no município de Rio Verde no estado do Goiás. A cidade dispõe de uma dimensão territorial de 8.379,661 km<sup>2</sup>, com população registrada pelo último censo realizado pelo IBGE em 2010 é de 176.424 pessoas. O Córrego do Sapo nasce nas coordenadas 50°57'19,894"W e 17°45'6,062"S e deságua no Córrego Cachoeirinha, pelo seu lado esquerdo, nas coordenadas 50°53'20,783"W e 17°50'3,797"S. O Córrego é um dos diversos cursos d'água da cidade, de modo que 80% da área urbana drena para o Córrego, que sofre efeito de moradias de invasão, esgoto clandestino doméstico ou industrial, escoamento superficial e arraste de sólidos para o leito do Córrego – problemática do presente estudo (MORAES, 2018).

A Figura 1.5 representa a localização do Córrego do Sapo, estado de Goiás.

**Figura 1.5 - Localização da bacia hidrográfica do Córrego do Sapo, Brasil.**

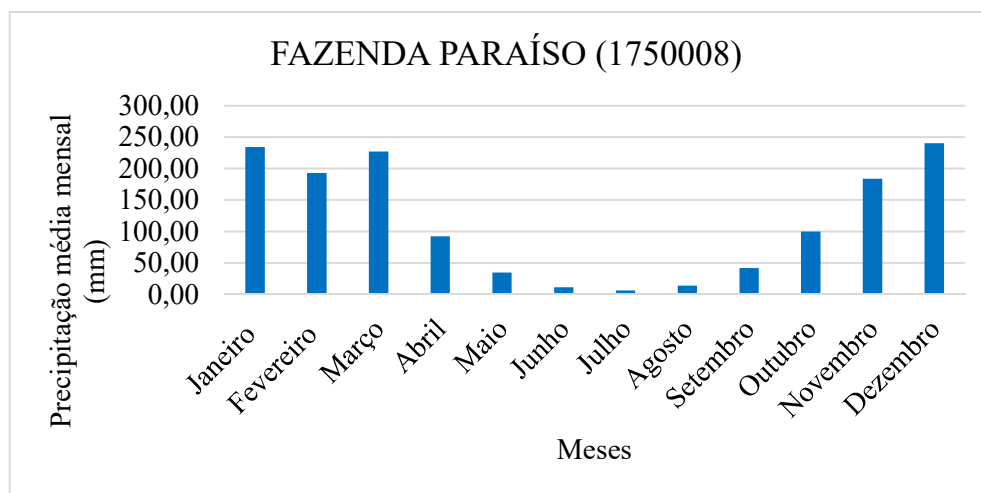


Fonte: Mapa organizado pela autora a partir das bases de dados geográficas disponibilizadas pelo SIEG (2022), elaborado no Sistema de Coordenadas Geográficas, Datum WGS84.



Na Figura 1.6 são apresentados os dados de precipitação pluviométrica da área de estudo.

**Figura 1.6 Precipitação média mensal de janeiro de 1975 a dezembro de 2021, na bacia do Córrego do Sapo, sudoeste goiano, Brasil.**



Fonte: Elaborada pela autora a partir de dados disponibilizados pela ANA (2022).

É possível notar que os meses mais chuvosos na região são de outubro a abril, com dezembro apresentando a maior precipitação, já os meses com menor precipitação pluviométrica são os de maio a setembro, e julho a menor.

#### 4.2.2 Aquisição de bases de dado

Os resultados foram gerados para o ano de 2022. No quadro 1.1 são apresentadas as bases de dados que foram utilizadas no presente estudo.

**Quadro 1.1 - Relação das bases de dados usados no trabalho e plataformas de aquisição.**

ID	Bases de dado	Disponibilização
1	Rede de drenagens da base cartográfica vetorial digital atualizada do produto BC100/GO_DF, produzido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) na escala de 1:100.000.	Sistema Estadual de Geoinformação de Goiás (SIEG) (SIEG, 2022).
2	Precipitação pluviométrica de estações pluviométricas do banco de dados da página	ANA (ANA, 2022).

	HidroWeb, ferramenta do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), gerenciada pela Agência Nacional de Águas (ANA) do Brasil.	
3	O mapa de solos disponibilizado na plataforma do Programa Nacional de Solos do Brasil (PronaSolos) (administrada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária ( <i>Embrapa</i> )), gerado pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), na escala de 1:250.000 (CPRM, 2020).	SIEG (SIEG, 2017).
4	Imagem <i>Shuttle Radar Topography Mission</i> (SRTM), resolução espacial de 30 m x 30 m, gerada pela cooperação entre a <i>National Aeronautics and Space Administration</i> (NASA).	<i>United States Geological Survey</i> (USGS, 2022).
5	Imagens do sensor Câmera Multiespectral e Pancromática de Ampla Varredura (WPM) do satélite China-Brazil Earth Resources Satellite ou Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres (CBERS), em específico o CBERS 04A, resolução espacial de 2 m x 2 m.	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2022).

Fonte: Autora (2022).

#### **4.2.3 Procedimentos metodológicos**

O estudo das implicações ambientais em áreas de interesse foi possível por meio da aplicação de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e de ferramentas de sensoriamento remoto. Toda a aquisição de dados (4.2.2 Aquisição de bases de dado) foi feita em plataformas digitais gratuitas e o processamento desses dados feito com o auxílio do software livre QGIS 3.18.

#### 4.2.4 Fator de Erosividade (R)

O fator erosividade foi produzido por meio de séries históricas de precipitação de 6 estações pluviométricas (Tabela 1.1), com dados de duração de no mínimo 45 anos, localizadas aos arredores da bacia.

**Tabela 1.1 - Localização e período de obtenção dos dados das estações pluviométricas.**

Nome da Estação	Código da Estação	Latitude (S)	Longitude (O)	Período
PONTE RODAGEM	1750004	17°19'31.08"S	50°40'54.84"O	1972 a 2021
Ponte rio Verdão	1750003	17°32'29.04"S	50°33'21.96"O	1971 a 2021
PONTE RIO DOCE	1751001	17°51'23.04"S	51°23'48.12"O	1973 a 2021
MONTIVIDIU	1751004	17°21'52.92"S	51° 4'36.12"O	1975 a 2021
FAZENDA PARAÍSO	1750008	17°27'56.88"S	50°46'27.12"O	1975 a 2021
MAURILÂNDIA	1850003	17°58'46.92"S	50°20'13.92"O	1974 a 2021

Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados disponibilizados pela ANA (2022).

Os dados foram usados na Equação (1) proposta por Bertoni e Lombardi Neto (2014) de modo a determinar a erosividade da chuva (R):

$$R = \sum_{i=1}^{12} 67,355 \left( \frac{r_i^2}{P} \right)^{0,85} \quad (1)$$

Na qual: R é o fator de erosividade da chuva (MJ.mm.h<sup>-1</sup>.ha<sup>-1</sup>.ano); r é a precipitação média mensal (mm); P, a precipitação média anual (mm).

Para confeccionar o fator R dos períodos chuvosos e seco foi feita adaptação com a utilização do fator R correspondente a cada período. Para divisão do período seco e chuvoso foi escolhida a estação mais próxima da bacia (estação 1750008 FAZENDA PARAÍSO), na qual, o período seco variou de abril a setembro e o chuvoso de outubro a março.

A classificação proposta por Carvalho (2008) (Tabela 1.2) foi usada para comparação do valor de erosividade anual.

**Tabela 1.2 - Classificação proposta por Carvalho em MJ.mm.ha<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>**

Classes de Erosividade	Erosividade (MJ.mm.ha <sup>-1</sup> .h <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )
Baixa	R < 2.452
Média	2.452 < R < 4.905
Média a forte	4.905 < R < 7.357
Forte	7.357 < R < 9.810
Muito forte	R > 9.810

Fonte: Carvalho (2008).

#### 4.2.5 Fator de erodibilidade do solo (K)

Para a elaboração do mapa de solos foi usado o ID 3 do 4.2.2 - Aquisição de bases de dado, com o recorte da bacia em estudo. Para os resultados do fator K foi aplicado o método indireto, com valores da literatura especializada (Tabela 1.3), nos quais, cada tipo de solo apresenta um valor.

**Tabela 1.3 - Classes de solos e respectivos índices de erodibilidade da bacia hidrográfica do Córrego Sapo, Goiás.**

Classes	Solos	Textura	Área (ha)	Fator K (t.h.MJ <sup>-1</sup> .mm <sup>-1</sup> )
Latossolo Vermelho distroférico	LVdf	Argilosa ou Muito argilosa	5262,31	0,0267 <sup>b</sup>
Latossolo Vermelho distrófico	LVd	Média	185,399	0,046 <sup>a</sup>

Fonte: Atualizada pela autora (2022) a partir do Mapa de Solos da Bacia do Rio Paranaíba atualizado conforme Santos *et al.* (2018), sendo os valores de erodibilidade de <sup>a</sup>Lima *et al.* (2016) e <sup>b</sup>Ruthes *et al.* (2012).

Os resultados encontrados foram comparados com a classificação de Manningel *et al.* (2002), conforme a Tabela 1.4.

**Tabela 1.4 - Classificação dos solos em função do fator da erodibilidade (K).**

Classes de Erodibilidade	Erodibilidade (t.h.MJ <sup>-1</sup> .mm <sup>-1</sup> )
Extremamente alto	K < 0,0600
Muito alto	0,0450 < K < 0,0600

Alto	$0,0300 < K < 0,0450$
Médio	$0,0150 < K < 0,0300$
Baixo	$0,0090 < K < 0,0150$
Muito baixo	$K > 0,0090$

---

Fonte: Manningel *et al.* (2002).

#### 4.2.6 Fator Topográfico (LS)

Para desenvolvimento do fator LS foram usadas imagens do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) e a ferramenta calculadora *raster* do software QGIS, com a aplicação da Equação (2) de Bertoni e Lombardi Neto (2014), conforme a metodologia de Coutinho *et al.* (2014):

$$LS = 0,00984 * L^{0,63} * S^{1,18} \quad (2)$$

Na qual: LS é o fator Topográfico; L, o comprimento de rampa; e S, a declividade do terreno (%).

E considerando o método de Pelton *et al.* (2012) que visa a utilização da calculadora raster para o desenvolvimento do cálculo:

$$LS = Power\left(fa * \frac{[cr]}{22.1,0.4}\right) * Power\left(\sin\left(slope * \frac{0.01745}{0.09,1.4}\right) * 1,4\right) \quad (3)$$

Sendo: fa, o fluxo acumulado; [cr], a resolução da célula; e slope, a declividade.

#### 4.2.7 Estimativa da Perda de Solos Potencial

A erosividade potencial é construída dos fatores naturais, que não sofrem influência antrópica, R, K e LS. A estimativa da perda de solos potencial foi calculada pela Equação 4 expressa pela Equação (1):

$$\text{Perda de solo potencial} = R * K * LS \quad (4)$$

Na qual: A perda de solo potencial é dada em  $t.ha^{-1}.ano^{-1}$ ; R é o fator de erosividade da chuva expressa em  $(MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.ano^{-1})$ ; K é o fator de erodibilidade do solo  $(tn.h.MJ^{-1}.mm^{-1})$ ; LS é o fator topográfico que engloba o comprimento de rampa (L) e a declividade (S) (adimensional);

Os valores para a erosão potencial anual foram classificados e interpretados de acordo a proposta de Valério Filho (1994) (Tabela 1.5).

**Tabela 1.5 - Classificação da erosão potencial.**

Perda de solo ( $t.mm.ha^{-1}.ano^{-1}$ )	Classes de interpretação
0 – 400	Fraca
400 – 600	Moderada
600 – 1600	Média
1600 – 2400	Forte
> 2400	Muito forte

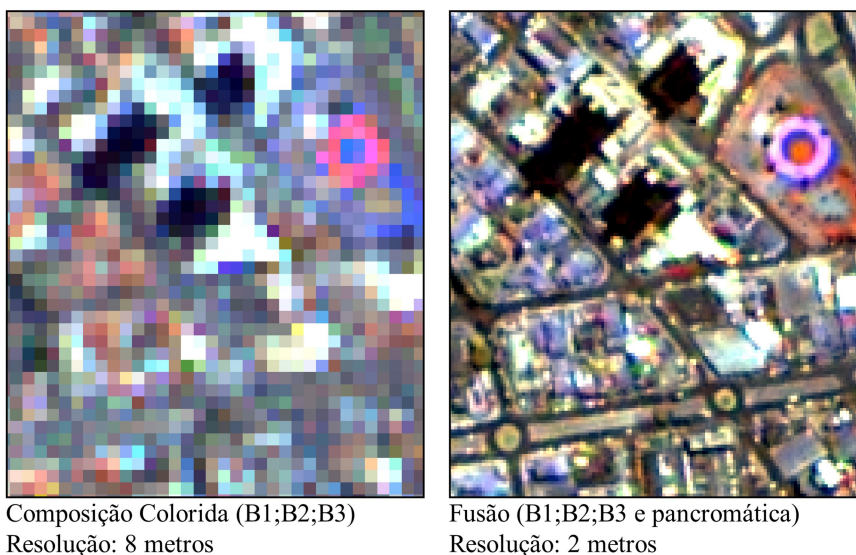
Fonte: Valério Filho (1994).

#### **4.2.8 Fator de uso e manejo da terra (C) e Práticas Conservacionistas do solo (P)**

Os fatores C e P foram integrados e formaram um único produto cartográfico (CP), considerando o fator P igual a 1. Assim, a espacialização dos resultados para o fator CP foi ligada apenas ao uso e cobertura da terra, sendo que os índices foram retirados da literatura especializada.

O fator CP foi construído com imagens do sensor Câmera Multiespectral e Pancromática de Ampla Varredura (WPM) do satélite China-Brasil *Earth Resources Satellite* ou Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres (CBERS), em específico o CBERS 4A, distribuídas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2022a). Foram usadas duas imagens, do dia 13/09/2022. O primeiro passo foi o empilhamento das bandas espectrais, com a ferramenta miscelânea-> mesclar, com a utilização das bandas 1, 2, 3 e 4. Em seguida, com a ferramenta *pansharpening* foi realizada a fusão entre a composição de bandas e a banda pancromática, melhorando a resolução para de 8 para 2 metros (Figura 1.7).

**Figura 1.7 - Comparação entre a imagem da composição de banda colorida e a imagem da fusão de bandas.**



Fonte: Elaborado pela autora com o uso de imagens disponibilizadas pelo INPE (INPE, 2022).

A análise do fator C foi feita a partir da elaboração do mapa de uso e cobertura da terra com imagens do sensor CBERS-4A, com o processamento da imagem no software de Sistema de Informação Geográfica (SIG) QGIS 2.18.2. A classificação temática de uso e cobertura da terra foi feita adotando a técnica de classificação digital supervisionada, com assinaturas espectrais obtidas a partir de amostras de treinamento.

#### **4.2.9 Estimativa da Perda de Solos Real**

Para análise da produção de sedimentos do Córrego do Sapo, foi elaborada uma matriz de mapas, através dos fatores obtidos: erosividade da chuva, erodibilidade dos solos, declividade e comprimento da rampa, fatores de uso e manejo de práticas conservacionistas, que ao se multiplicar através da calculadora raster no software QGIS podem entregar diferentes valores de estimativa de erosão hídrica.

Conforme mencionado, a estimativa da perda de solos foi calculada pela Equação Universal da Perda de Solos (EUPS), expressa pela Equação (5):

$$PS = R * K * LS * C * P \quad (5)$$

Na qual: PS é a perda de solo por erosão ( $t.ha^{-1}.ano^{-1}$ ); R é o fator de erosividade da chuva expressa em ( $MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.ano^{-1}$ ); K é o fator de erodibilidade do solo ( $t.h.MJ^{-1}.mm^{-1}$ ); LS é o fator topográfico que engloba o comprimento de rampa (L) e a declividade (S) (adimensional); C é o fator de uso e cobertura da terra (adimensional); e, P é o fator de práticas conservacionistas (adimensional).

Os resultados da erosão real anual foram classificados e interpretados conforme a proposta de Beskow *et al.* (2009) (Tabela 1.6).

**Tabela 1.6 - Classificação e categorias de perda de solo para a erosão real.**

Perda de solo ( $t.ha^{-1}.ano^{-1}$ )	Categoria
0 - 2,5	(Ligeira)
2,5 - 5	(Ligeira - moderada)
5 - 10	(Moderada)
10 - 15	(Moderada - alta)
15 - 25	(Alta)
25 - 100	(Muito alta)
>100	(Extremamente alta)

Fonte: Beskow et al. (2009).

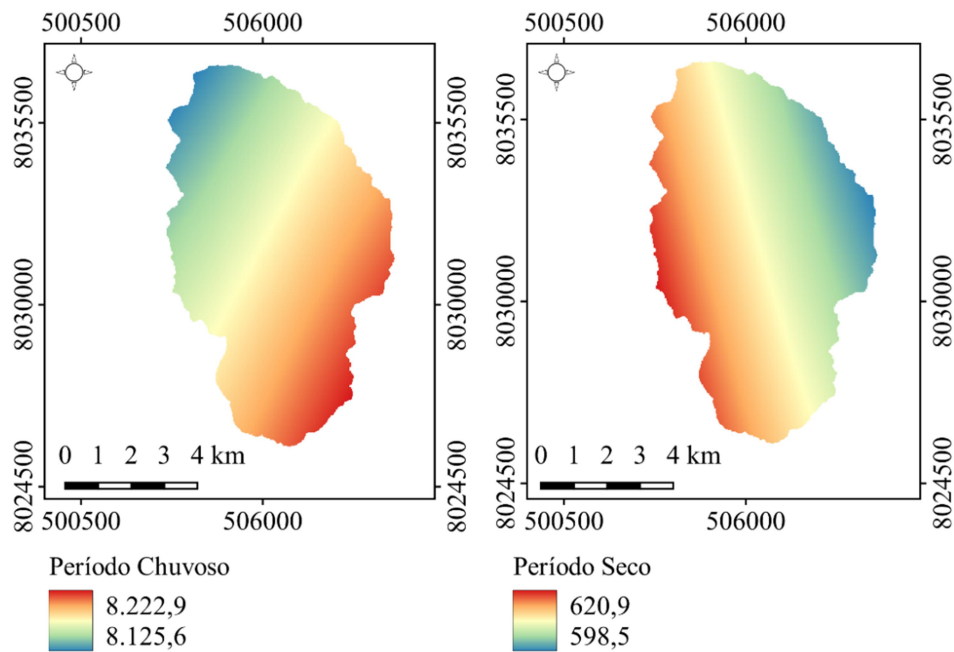
## 4.3 Resultados

### 4.3.1 Fator de erosividade (R)

Na Figura 1.8 são apresentados os valores de erosividade para os períodos chuvoso e seco, já na Figura 1.9 os resultados anuais. Os valores de erosividade para o período chuvoso variam de 8.125,6 a 8.222,9  $MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.ano^{-1}$ , com média de 8.177,7  $MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.ano^{-1}$ . Para o período seco a variação foi de 598,5 a 620,5  $MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.ano^{-1}$ , com média de 610  $MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.ano^{-1}$ . O período chuvoso representou aproximadamente 93% de toda erosividade anual.



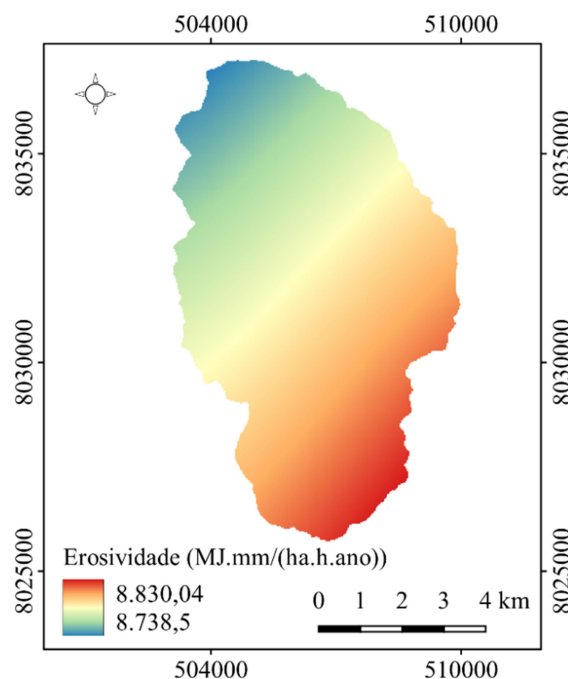
**Figura 1.8 - Erosividade (R) dos períodos chuvosos e secos da bacia hidrográfica do Córrego do Sapo, Brasil.**



Fonte: Elaborado pela autora (2022) na projeção UTM, SIRGAS 2000, Zona 22S.

O fator R anual foi de 8738,5 a 8830 MJ.mm.ha<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, com média de 8787,5 MJ.mm.ha<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>. De acordo com o método de Carvalho (2008) a erosividade anual da bacia foi classificada como Forte.

**Figura 1.9 - Mapa de erosividade (R) anual da bacia hidrográfica do Córrego do Sapo, Brasil.**

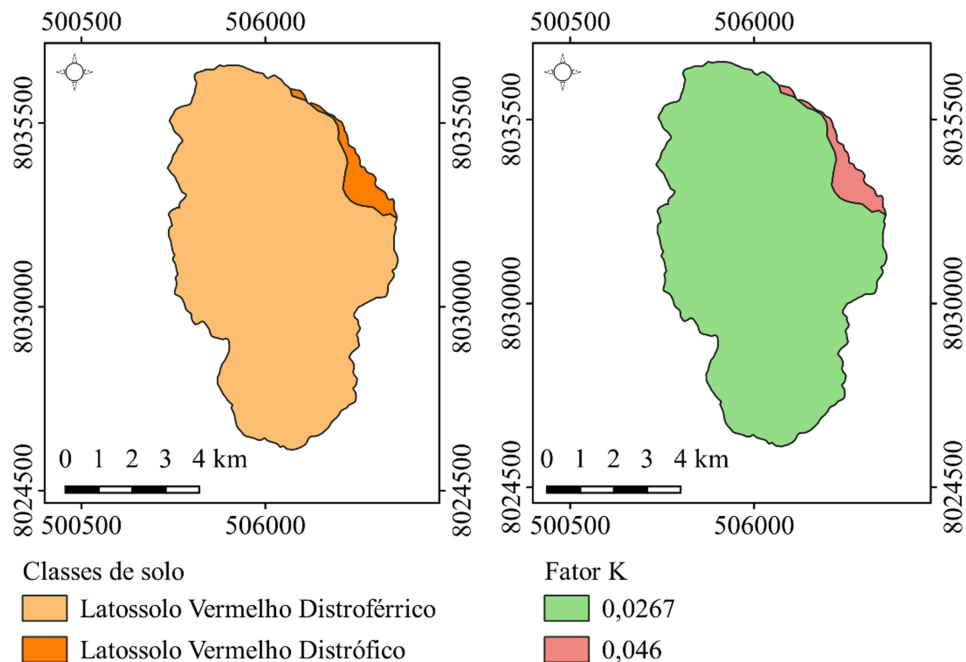


Fonte: Elaborado pela autora (2022) na projeção UTM, SIRGAS 2000, Zona 22S.

### 4.3.2 Fator de erodibilidade (K)

Na Figura 1.10 é apresentado os resultados das classes de solos e do Fator K, respectivamente. A bacia apresentou duas classes de solo, Latossolo Vermelho distroférico de textura argilosa ou muito argilosa (97% da área total) e Latossolo Vermelho distrófico de textura média (3% da área total). Segundo a classificação de Manningel *et al.* (2002), a erodibilidade da bacia variou de média, com  $0,0267 \text{ t.h.MJ}^{-1}.\text{mm}^{-1}$  do Latossolo Vermelho distroférico a muito alta, com  $0,046 \text{ t.h.MJ}^{-1}.\text{mm}^{-1}$  do Latossolo Vermelho distrófico.

**Figura 1.10 - Mapa de solos e de erodibilidade (K) da bacia hidrográfica do Córrego do Sapo.**

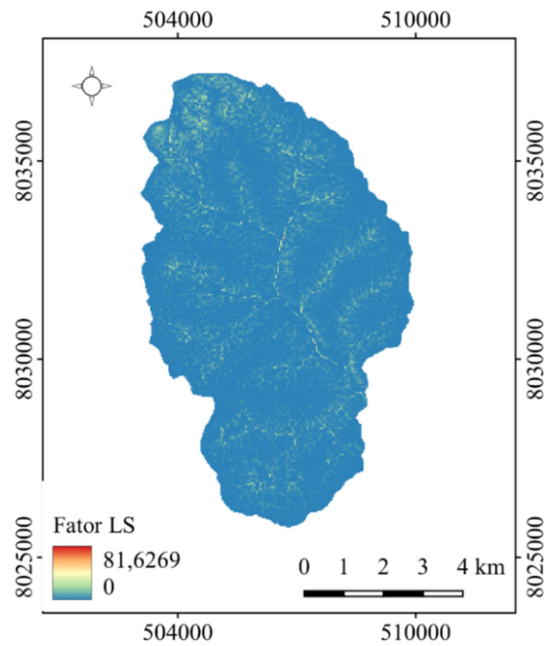


Fonte: Elaborado pela autora (2022) na projeção UTM, SIRGAS 2000, Zona 22S.

### 4.3.3 Fator topográfico (LS)

Na Figura 1.11 é apresentado o resultado do fator topográfico. Os valores variaram de 0 a 81,6, com os altos valores próximos aos corpos hídricos.

**Figura 1.11 - Mapa do Fator topográfico (LS) da bacia hidrográfica do Córrego do Sapo, Brasil.**

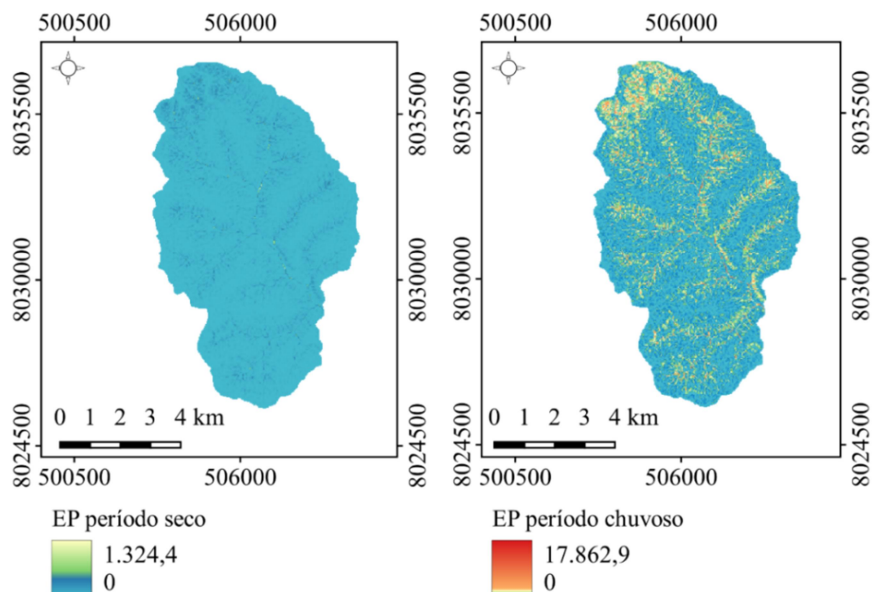


Fonte: Elaborado pela autora (2022) na projeção UTM, SIRGAS 2000, Zona 22S.

#### 4.3.4 Erosão potencial

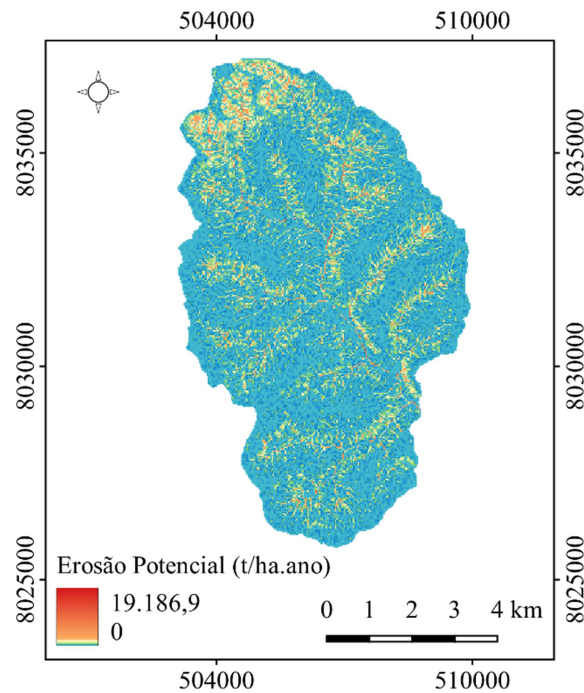
Na Figura 1.12 e 1.13 são apresentados os valores para erosão potencial por períodos e anual, respectivamente.

**Figura 1.12 - Erosão potencial dos períodos chuvosos e secos da bacia hidrográfica do Córrego do Sapo, Brasil.**



Fonte: Elaborado pela autora (2022) na projeção UTM, SIRGAS 2000, Zona 22S.

**Figura 1.13 - Erosão potencial anual da bacia hidrográfica do Córrego do Sapo, Brasil.**



Fonte: Elaborado pela autora (2022) na projeção UTM, SIRGAS 2000, Zona 22S.

Os valores variam de 0 a 1324,4 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> para o período seco, com média de 27,6 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, para o chuvoso variou de 0 a 17862,9 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, com média de 370 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>. A erosão anual foi de 0 a 19186,9 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, com média de 397,5 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, classificada como erosão fraca por Valério Filho (1994).

Na Tabela 1.7 é apresentado o percentual de área de cada classe de erosão potencial na bacia, seguindo a classificação de Valério Filho (1994).

**Tabela 1.7 Erosão Potencial anual da bacia hidrográfica do Córrego Sapo, Goiás.**

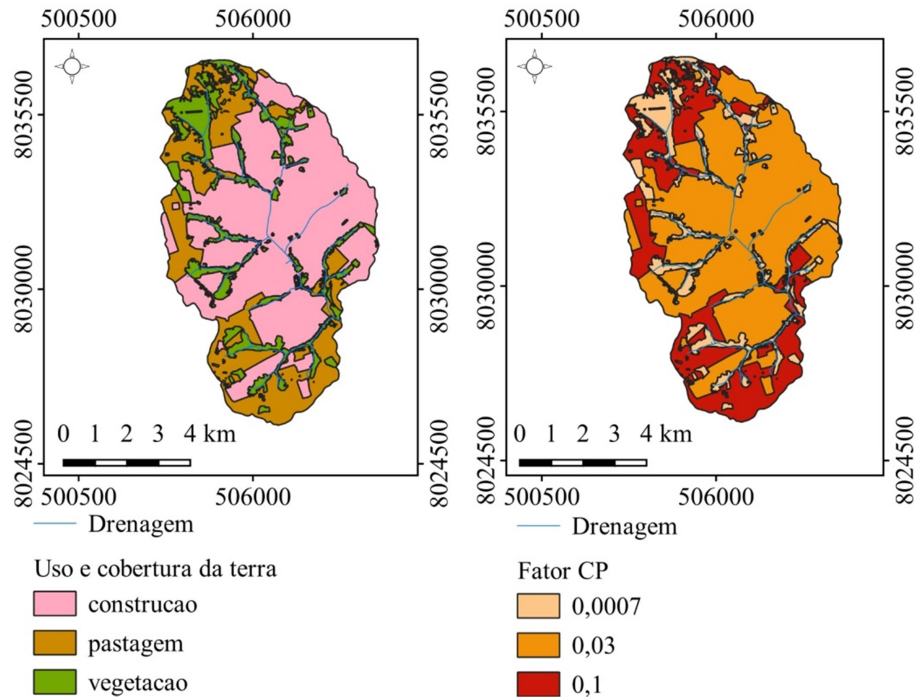
Perda de solo (t.mm.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )	Área em ha	Área em %
(0 – 400) Fraca	3845,627	71%
(400 – 600) Moderada	492,922	9%
(600 – 1600) Média	819,954	15%
(1600 – 2400) Forte	152,194	3%
(> 2400) Muito forte	137,003	3%
<b>Total</b>	<b>5447,7</b>	<b>100%</b>

Fonte: Elaborado pela autora (2022) com base em Valério Filho (1994).

#### 4.3.5 Fator de uso e cobertura da terra, manejo e práticas conservacionistas do solo (CP)

Na Figura 1.14 verifica-se os usos e cobertura da terra e os valores do fator CP, geoespacializados.

**Figura 1.14 – Uso e cobertura da terra e Fator CP da bacia hidrográfica do Córrego do Sapo, Brasil.**



Fonte: Elaborado pela autora (2022) na projeção UTM, SIRGAS 2000, Zona 22S.

O uso predominante foi de Construção (58%), seguido da Pastagem (26%) e com menor porcentagem o uso de Vegetação (16%) (Tabela 1.8).

**Tabela 1.8 - Uso e cobertura da terra e fator CP da bacia hidrográfica do Córrego Sapo, Goiás.**

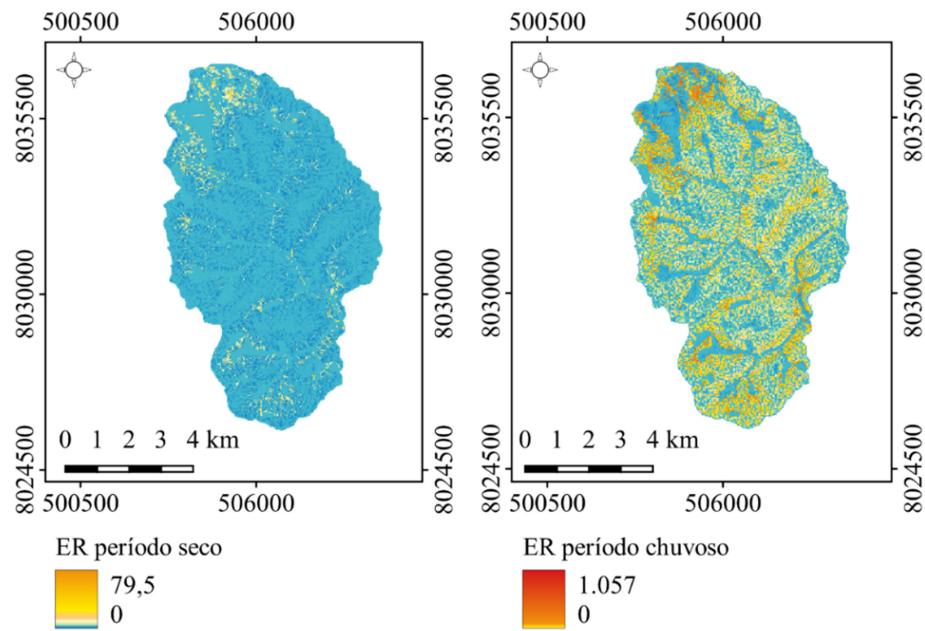
Categoria	Área (ha)	CP	Fonte
Vegetação	857,77	0,0007	Helfer <i>et al.</i> (2003)
Construção	3166,1	0,03	Helfer <i>et al.</i> (2003)
Pastagem	1423,78	0,1	Helfer <i>et al.</i> (2003)
Total	5447,7	-	-

Fonte: Elaborada pela autora (2022) com base em Helfer *et al.* (2003).

### 4.3.6 Erosão real

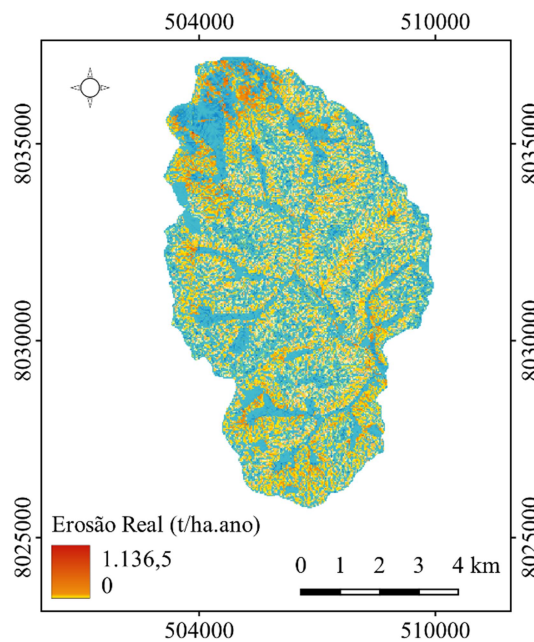
Figura 1.15 são geoespacializados os valores de erosão real dos períodos chuvosos e seco, na Figura 1.16 e perda de solo real anual.

**Figura 1.15 – Erosão real dos períodos chuvosos e secos da bacia hidrográfica do Córrego do Sapo, Brasil.**



Fonte: Elaborado pela autora (2022) na projeção UTM, SIRGAS 2000, Zona 22S.

**Figura 1.16 – Erosão potencial anual da bacia hidrográfica do Córrego do Sapo, Brasil.**



Fonte: Elaborado pela autora (2022) na projeção UTM, SIRGAS 2000, Zona 22S.

Conforme Beskow *et al.*, (2009), a erosão hídrica real na bacia hidrográfica do Córrego do Sapo variou de 0 (ligeira) a 1136,5 tn.mm.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> (extremamente alta), com domínio da categoria ligeira (51%), seguida de muito alta (14%).

Na Tabela 1.9 e 1.10 são apresentados os resultados para erosão hídrica real anual e o uso e cobertura da terra nas categorias de erosão real, respetivamente.

**Tabela 1.9 Erosão hídrica real anual da bacia hidrográfica do Córrego Sapo, Goiás.**

Perda de solo (tn.mm.ha-1.ano-1)	Área em ha	Área em %
(0 – 2,5) Ligeira	2777,519	51%
(2,5 – 5) Ligeira - moderada	245,5464	5%
(5 – 10) Moderada	600,2628	11%
(10 – 15) Moderada - alta	404,8413	7%
(15 – 25) Alta	492,6786	9%
(25 - 100) Muito alta	767,672	14%
(>100) Extremamente alta	159,1798	3%
<b>Total</b>	<b>5447,7</b>	<b>100%</b>

Fonte: Elaborado pela autora (2022) com base em Beskow *et al.* (2009).

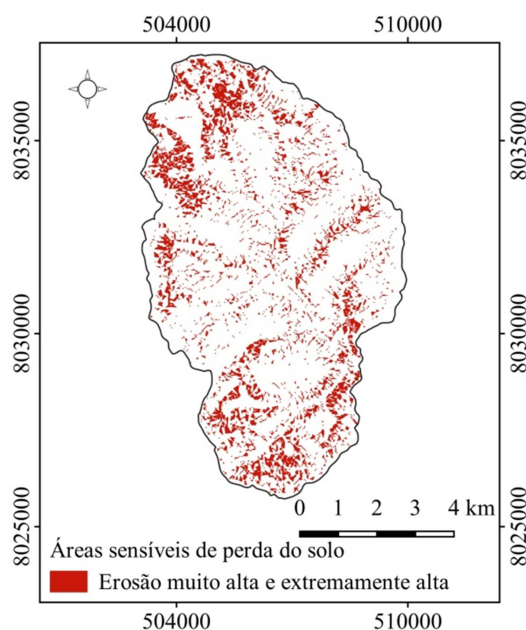
**Tabela 1.10 Uso e cobertura da terra nas categorias de erosão real da bacia hidrográfica do Córrego Sapo, Goiás.**

Classe	Pastagem	Construção	Vegetação	Total
<b>(Ligeira)</b>	602,14	1416,71	799,71	2818,56
<b>(Ligeira - moderada)</b>	18,03	208,44	18,59	245,06
<b>(Moderada)</b>	46,43	507,24	6,45	560,12
<b>(Moderada - alta)</b>	57,80	342,64	4,25	404,69
<b>(Alta)</b>	134,56	351,45	6,43	492,44
<b>(Muito alta)</b>	433,63	320,37	13,61	767,60
<b>(Extremamente alta)</b>	131,18	19,25	8,74	159,18
<b>Total</b>	<b>1423,78</b>	<b>3166,10</b>	<b>857,77</b>	<b>5447,65</b>

Fonte: Elaborado pela autora (2022) com base em Beskow *et al.* (2009).

As áreas prioritárias/sensíveis, no que se refere a perda de solo, foram principalmente na parte noroeste da bacia, em que se obteve altos valores do fator LS combinados com o uso de pastagem conforme mostra Figura 1.17.

**Figura 1.17 – Identificação das áreas sensíveis a perda de solo na bacia hidrográfica do Córrego do Sapo, Brasil.**



Fonte: Elaborado pela autora (2022) na projeção UTM, SIRGAS 2000, Zona 22S.

#### 4.4 Discussão

Os altos valores e sazonalidade da erosividade podem ser explicados pelos altos índices pluviométricos e pelas características do clima da área de estudo, com o período seco com os menores resultados de erosividade e o chuvoso com os maiores.

A combinação do volume concentrado de erosividade, em apenas um período, e a agricultura intensiva da região abrem espaço para preocupação com os solos descobertos no período de chuva. Culturas como soja e milho (presentes na área de estudo) que normalmente são plantadas em setembro, início do período chuvoso, necessitam de atenção quanto ao manejo, visto que nos preparos de solos, como o cultivo convencional, movimentam a terra, deixando exposta a chuvas e a enxurradas no período inicial em que as culturas não protegem o solo (SILVA, LUCHIARI E CARVALHO, 2017).

No trabalho de Pilatti (2022) em uma bacia próxima a do Sapo (bacia hidrográfica do rio Montividiu, sudoeste Goiano), a autora observou valores semelhantes, em que se verificou a concentração dos maiores valores de erosividade nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março e os menores de maio a agosto, no denominado período de estiagem. Seguindo a classificação de Carvalho (2008) a bacia foi enquadrada como erosividade forte, assim como a



bacia do Córrego do Sapo. Segundo a autora os resultados são decorrentes das características das chuvas no Brasil e que por ser uma área de intensa exploração do solo para uso agrícola, a retirada da cobertura vegetal, em conjunto com o aumento considerável das chuvas, pode facilitar o escoamento superficial.

Os latossolos em geral são resistentes aos processos erosivos, em virtude das boas condições físicas. Porém, com o uso intensivo de mecanização pode ocorrer a compactação destes solos, tornando-os mais suscetíveis à erosão (EMBRAPA, 2023a).

Os resultados de erodibilidade com variação de classe média a muito alto acendem um alerta, para Embrapa (2023b) os latossolos de textura média, com teores altos de areia aproximam-se das areias quartzosas, sendo muito suscetíveis à erosão, demandando tratos conservacionistas e manejo mais cautelosos. Para os latossolos com textura argilosa, o cuidado com a erosão também é relevante, mesmos em latossolos vermelhos, depois do preparo para o plantio, o risco de erosão é muito alto, visto que a chuva encontra o solo desprotegido.

Os maiores resultados do fator LS foram encontrados adjacente a drenagem da bacia, o que pode ser explicado pelo aumento do declive perto dos corpos hídricos. É importante ressaltar que com o aumento do declive a velocidade do escoamento superficial também aumenta, podendo ter como consequência a degradação do solo e o arraste de sedimentos para os corpos hídricos. Verificou-se grande similaridade entre os mapas do fator LS e da erosão potencial e real, mostrando como a topografia influencia na erosão natural.

No estudo feito por Fistarol e Santos (2020) na bacia do rio de Ondas, localizada no estado da Bahia, os fatores que mais influenciam as perdas de solo foram o topográfico e o de uso e cobertura da terra. Os autores afirmaram que os maiores resultados do fator LS foram causados pelo aumento brusco na declividade da área e consequentemente o aumento do Fator, tornando o local mais susceptível a processos erosivos.

A erosão potencial foi influenciada principalmente pelos valores do fator LS. Os maiores valores foram encontrados próximos aos corpos hídricos e na região noroeste da bacia. Maior parte da área de estudo foi classificada com erosão potencial fraca, porém aproximadamente 15% da área foi classificada como média, 3% forte e 3% Muito forte (Tabela 1.7).

No estudo feito por Miguel *et al.* (2019) na Bacia Hidrográfica do Rio Vacacaí-Mirim, localizada no Rebordo do Planalto (RS), assim como no presente estudo, encontraram o fator LS como um dos mais influente nos processos erosivos. Segundo os autores o fator de comprimento da encosta e grau de declividade determinou a magnitude do processo erosivo

acelerado e o fator C cobertura do solo exibiu a maior relação com o controle das perdas de solo na bacia hidrográfica.

A bacia se caracterizou como urbanizada, aproximadamente 58% da área total. Em bacias com essa característica, podendo citar como exemplos de problemas que surgem quando não há o planejamento urbano e o manejo ambiental, as enchentes, poluição e perda da qualidade da água dos corpos hídricos, perda do habitat de várias espécies, eutrofização dos corpos hídricos e deslizamentos de terra. No Córrego do Sapo já houve eventos de enchentes que trouxeram prejuízos econômicos e ambientais.

Um dos fatores que influenciam na erosão no ambiente urbano é a impermeabilização, para Caetano (2021) a impermeabilização da área urbana condiciona a baixa da infiltração da água no solo e aumenta o fluxo hídrico pluvial que ocorre através do escoamento, levando esse fluxo para galerias pluviais. Porém, chuvas torrenciais podem fazer com que as galerias de drenagem não suportem o volume, fazendo com que essa água vá em direção a seu percurso por canais pluviais de montante a jusante.

Outro ponto relevante é a relação entre a suscetibilidade dos solos a erosão e os aspectos sociais. A classe alta tem a disposição grande áreas com técnicas de preservação do solo, ao passo que a classe baixa vive em aglomerados, muitas vezes em locais com declives acentuados, com alta densidade populacional. O desenvolvimento econômico é a grande marca de cidades como Rio Verde (GO). Entretanto, cabe ressaltar que os bons índices verificados, ao levar em consideração apenas o município como um todo, camufla as desigualdades internas de vulnerabilidade (MACÊDO e LIMA, 2018).

A pastagem representou aproximadamente 82% de toda erosão real para classe extremamente alta e 56% para muito alta. Maior parte da erosão para essas classes se concentrou no noroeste da bacia, na mesma área em que o fator LS obteve os maiores resultados. Nos dias atuais, grande parte dos locais em que o uso de pastagem é desenvolvido apresenta algum tipo de restrição para o uso agrícola, principalmente relevos mais acidentados (áreas naturalmente mais propícias a erosão), e combinado com manejo inadequado, superpastejo, compactação do solo e uso de forrageiras inadequadas pode levar ao aceleramento do processo erosivo.

No estudo feito por Fiorese (2021) na sub-bacia hidrográfica do ribeirão Santa Cruz (ES), o autor encontrou resultados semelhantes, a pastagem ocupa parcialmente áreas que apresentam alta potencialidade à erosão, o que exprimi um mau planejamento da ocupação desse uso. Em uma parcela da área estudada, há forte tendência natural à erosão (como no presente trabalho), e pode ser agravada com o manejo incorreto.

## 4.5 Conclusões

Foi possível perceber que o período chuvoso apresentou aproximadamente 93% de toda erosividade anual, demonstrando a relevância do manejo correto dos solos no período de chuva, uma vez que, se os solos estiverem descobertos nessa época do ano podem ser acometidos por processos erosivos.

A erosão potencial anual variou de 0 a 19186,9 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, com média de 397,5 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, classificada como erosão fraca, com o fator LS como fator mais influente. Verificou grande similaridade entre os mapas do fator LS e da erosão potencial, demonstrando como a topografia influencia a erosão.

Para estimativa de perda de solo real os resultados variaram de 0 a 1136,5 tn.mm.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, com os maiores valores observados nas áreas próximas aos corpos hídricos, combinadas com o fator LS elevado e o uso de pastagem. O uso predominante na bacia foi a urbanização, caracterizando a bacia como urbanizada, aproximadamente 58% da área total (3166,1 ha).

Foi possível realizar um diagnóstico da área estudada, para auxiliar os órgãos ambientais municipais em sua gestão hídrica.

## 4.5 Referências Bibliográficas (Capítulo 1)

ASSELMAN, N.E.M. Fitting and interpretation of sediment rating curves. *Journal of Hydrology*, v. 234, n. 3, p. 228-248, 2000.

BESKOW et al. Soil erosion prediction in the Grande River Basin, Brazil using distributed modeling. *Catena*, v. 79, n. 1, p. 49-59, out. 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2009.05.010>. Acesso em: 31 out. 2019.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. *Conservação do Solo*. São Paulo: Ícone Editora Ltda, 2014.

CARVALHO, N. O. *Hidrossedimentologia Prática*. 2 ed. Interciência, Rio de Janeiro, 2008.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. *Solos tropicais: Latossolos*. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/solos-tropicais/sibcs/chave-do-sibcs/latossolos>. Acesso: 02 jan. 2023.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. Bioma Cerrado: Latossolos. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/bioma-cerrado/solo/tipos-de-solo/latossolos>. Acesso: 02 jan. 2023.

FISTAROL, Pedro Henrique Bagnara; SANTOS, J. Y. G. Implicações das alterações no uso e ocupação do solo nas perdas de solo da bacia do Rio de Ondas, Estado da Bahia. *Okara: Geografia em Debate*, v. 14, n. 1, p. 81-103, 2020.

MACÊDO, M. R.; LIMA, A. F. R. INSTITUTO MAURO BORGES DE ESTATÍSTICAS E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS – IMB: A Vulnerabilidade Social nos Municípios Goianos. Disponível em: <https://www.imb.go.gov.br/files/docs/publicacoes/estudos/2018/a-vulnerabilidade-social-dos-municipios-goianos.pdf>. Acesso: 20 jan. 2023.

IBGE. 2010. Cidades e estados: Rio Verde. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/rio-verde/panorama>. Acessado 10 de agosto 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. Catálogo CBERS-4. Disponível em: <<http://www2.dgi.inpe.br/catalogo/explore>>. 2022. Acesso: 15 out. 2022a.

INSTITUTO BRASILEIRO DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. Câmeras Imageadoras CBERS 04<sup>a</sup>. Disponível em: <<http://www.cbbers.inpe.br/sobre/cameras/cbbers04a.php>>. 2022. Acesso: 15 out. 2022b.

LIMA, C. G. R. et al. Influência de atributos químicos na erodibilidade e tolerância de perda de solo na bacia hidrográfica do baixo São José dos Dourados. *Geociências (São Paulo)*, v. 35, n. 1, p. 63-76, 2016.

LOUREIRO, D. D. T. Métodos atuais e novas tecnologias para monitoramento do transporte de sedimentos em rios: necessidade de dados e incertezas envolvidas. Dissertação. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2008.

MANNINGEL, A. R. et al. Fator erodibilidade e tolerância de perda dos solos do Estado de São Paulo. *Acta Scientiarum*, v. 24, 2002.

MORAES, D. F. M. Drenagem urbana sustentável: projeto de intervenção para o Córrego do Sapo, Rio Verde – GO. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE. Fortaleza, Ceará, 2018.

NEVES, Gustavo Zen Figueiredo. A chuva no estado de Goiás e Distrito Federal: Aspectos espaciais, temporais e dinâmicos. *Revista Brasileira de Climatologia*, 2019. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/14139/7372>. Acesso em: 15 nov. 2022.

PAIVA, J. B. D.; PAIVA, E. M. C. D. Hidrologia aplicada a gestão de pequenas bacias hidrográficas. Porto Alegre. ABRH. 2003.

PALHARES, J. C. P., RAMOS, C., KLEIN, J. B., LIMA, J. M. M., MULLER, S., CESTONARO, T. Medição da Vazão em Rios pelo Método do Flutuador. EMBRAPA, Comunicado Técnico 455, Concórdia – SC, 2007.

PILATTI, Hevrlí da Silva Carneiro. INTELIGÊNCIA GEOESPACIAL APLICADA AO PLANEJAMENTO E À GESTÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MONTIVIDIU, SUDOESTE GOIANO. 2022. 159 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade)- IF GOIANO, 2022. Acesso em: 06 out. 2022.

RUTHES, Juliane Mônica et al. Propriedades do solo da bacia hidrográfica do Rio Catorze que intensificam a erosão laminar. Revista Brasileira de Geografia Física, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/232801>.

SCHIMITZ, V. Estimativa da produção de sedimentos em duas bacias hidrográficas urbanas. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

SILVA, L. C. N; LUCHIARI, A; CARVALHO, M. P.I. Potencial erosivo da chuva na bacia hidrográfica do Córrego Bagaçu no estado de São Paulo. Geosul, v. 32, n. 64, p. 152-164, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/search/authors/view?givenName=Morel%20de%20Passos%20e&familyName=Carvalho&affiliation=UNESP&country=BR&authorName=Carvalho%2C%20Morel%20de%20Passos%20e>. Acesso em: 20 nov. 2022.

Sistema Estadual de Geoinformação de Goiás - SIEG, 2017. Downloads/SIG - Shapefiles. Disponível em: <http://www.sieg.go.gov.br/>. Acesso em: 16 mai. 2017.

SANTOS, H. G. et al. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: Embrapa produção de informação, 2018.

VALÉRIO FILHO, M. Técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto aplicadas ao estudo integrado de bacias hidrográficas. In: FERREIRA, M.E.E.; CRUZ, M.C.P. (Eds.) Solos altamente suscetíveis a erosão. Jaboticabal: FCAV. p. 223-242, 1994.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

As bases de dados gratuitas aliadas às técnicas de geoprocessamento mostraram-se ótimas ferramentas para geração de informações para o planejamento urbano e ambiental. Foi possível estimar a perda de solo, fazendo relação com os aspectos naturais e antrópicos que mais influenciam na perda, identificando as áreas prioritárias/sensíveis, além do efeito da sazonalidade da região. O trabalho poderá ser usado como fonte de informações para subsidiar o planejamento e o manejo dessa relevante e estratégica bacia para o município de Rio Verde.