



Aplicações e Princípios do Sensoriamento Remoto 2

Leonardo Tullio
(Organizador)

 **Atena**
Editora

Ano 2018

LEONARDO TULLIO

(Organizador)

**Aplicações e Princípios do
Sensoriamento Remoto
2**

Atena Editora
2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Natália Sandrini

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

A642 Aplicações e princípios do sensoriamento remoto 2 [recurso eletrônico] / Organizador Leonardo Tullio. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018. – (Aplicações e Princípios do sensoriamento remoto; v. 2)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-85107-48-2

DOI 10.22533/at.ed.482180110

1. Sensoriamento remoto. I. Tullio, Leonardo.

CDD 621.3678

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo do livro e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2018

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

No Volume II da obra “Aplicações e Princípios do Sensoriamento Remoto” trazemos até você os mais diversos trabalhos da área, contando agora com 22 capítulos inéditos. Vimos a importância deste tema no Volume I e agora esperamos contribuir significativamente com outras aplicações em diversas áreas de atuação.

Percebemos que os avanços tecnológicos substituem algumas formas de agir e pensar, de maneira instantânea e a níveis de confiança altíssimos. Assim a contribuição e os avanços nas pesquisas são favorecidos com o uso de softwares aplicados ao Sensoriamento Remoto. Visto a necessidade de programas computacionais específicos para análise conjunta de dados sobre a imagem e de maneira rápida, percebemos a significativa atuação da tecnologia neste meio.

Neste sentido, ressaltamos a importância do conhecimento específico e aplicado, pois a tecnologia analisa a partir de comandos, porém, a análise e a definição do certo ou errado ainda está na dependência do operador, que exige conhecimento em sua realização. Aplicações práticas e com resultados significativos são fundamentais para o sucesso de uma pesquisa, a classificação seja ela supervisionada ou não, garante a interpretação fiel da realidade estudada. Porém, refinar as técnicas de análise e comparar os resultados são importantes.

Contudo, ressaltamos a necessidade do conhecimento avançado sobre o que se propõe a estudar e qual método mais adequado, pois a interação dos dois reflete a confiança e qualidade do resultado. Portanto, a busca por conhecimento é insaciável e nos faz aprender a cada capítulo desta obra.

Por fim, desejo bons estudos e muito conhecimento adquirido com as informações e resultados trazidos nos capítulos desta obra.

Leonardo Tullio

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ANÁLISE DA PAISAGEM ATRAVÉS DE SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA UM ESTUDO DE CASO DA CIDADE DE SERRA DO NAVIO-AP	
<i>Érica Patrícia Viegas dos Santos</i>	
<i>Dário Rodrigues de Melo Junior</i>	
<i>Olavo Rodrigues Fagundes Neto</i>	
<i>Tasso Wesley Galeno Barreto</i>	
<i>Patrícia Helena Turola Takamatsu</i>	
<i>Fabiano Luís Belém</i>	
CAPÍTULO 2	14
ANÁLISE DO COMPORTAMENTO ESPAÇO-TEMPORAL DAS GEOFORMAS FLUVIAIS DO BAIXO CURSO DO RIO DOCE COM O AUXÍLIO DE IMAGENS ORBITAIS LANDSAT 8 - LINHARES, ES	
<i>Andressa Padovani Gil</i>	
<i>André Luiz Nascentes Coelho</i>	
CAPÍTULO 3	25
ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA OCUPAÇÃO DA ÁREA E ENTORNO DO PARQUE MUNICIPAL DUNAS DE ABRANTES, CAMAÇARI - BAHIA	
<i>Luiz Felipe Moura Bastos Borges</i>	
<i>Desiree Alves Celestino Santos</i>	
<i>Fábia Antunes Zaloti</i>	
<i>Saulo Medrado dos Santos</i>	
<i>Dária Maria Cardoso Nascimento</i>	
CAPÍTULO 4	36
ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA BACIA DO RIO SÃO JOÃO, MG: UMA PROPOSTA PARA MELHOR ENTENDIMENTO DOS LIMITES E DA DINÂMICA ESPACIAL DAS SUPERFÍCIES EROSIVAS	
<i>Samia de Moura Passarella</i>	
CAPÍTULO 5	54
ASSIMILAÇÃO DE DADOS COM O MÉTODO LETKF NO OCEANO ATLÂNTICO SUDOESTE: A IMPORTÂNCIA DAS OBSERVAÇÕES DE SATÉLITE	
<i>Leonardo Nascimento Lima</i>	
<i>Luciano Ponzzi Pezzi</i>	
CAPÍTULO 6	69
AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE MODELOS DE DISTRIBUIÇÃO POTENCIAL DA ESPÉCIE WUNDERLICHIA AZULENZIS	
<i>Alline Zagnoli Villela Motta</i>	
<i>Sollano Rabelo Braga</i>	
<i>Alessandra Morais Melo</i>	
<i>Nathalia Drummond Marques da Silva</i>	
<i>Cristiano Christofaro</i>	
CAPÍTULO 7	80
AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE SEQUESTRO DE CARBONO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRAJIBU-MIRIM EM SOROCABA (SP)	
<i>Darllan Collins da Cunha e Silva</i>	
<i>Deborah de Matos</i>	
<i>Renan Angrizani de Oliveira</i>	
<i>Vanessa Cezar Simonetti</i>	
<i>Roberto Wagner Lourenço</i>	

CAPÍTULO 8 94

CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO APLICADO À GCP'S EM MAPEAMENTO AEROFOTOGRAMÉTRICO COM USO DE VANT

José Adriano da Silva
Vinicius Bitencourt Campos Calou
Adunias dos Santos Teixeira
Daniel Albiero

CAPÍTULO 9 105

CORRELAÇÃO ESPACIAL DOS ÍNDICES DE VEGETAÇÃO (NDVI, NDWI E EVI) DE IMAGEM LANDSAT-8 COM ATRIBUTOS DO SOLO

Barbara de Oliveira Sousa Castro
Anderson Antonio da Conceição Sartori
Flávia Luize Pereira de Souza
Letícia Albano Benites

CAPÍTULO 10 117

DESENVOLVIMENTO DE UM VANT DO TIPO QUADROTOR TOTALMENTE AUTÔNOMO DE ALTA PRECISÃO PARA SENSORIAMENTO REMOTO DE ÁREAS DE VEGETAÇÃO POR CÂMERA MULTIESPECTRAL GEORREFERENCIADA

Thiago Vieira Nogueira Coelho
Lucas Moraes
Rafael Falcí Campos
Luis Carlos Carmo Jr.
Daniel Discini Silveira
André Luis Marques Marcato
Alexandre Bessa dos Santos

CAPÍTULO 11 134

ESTUDO SOBRE A UTILIZAÇÃO DE ALVOS PRÉ-SINALIZADOS PARA APOIAR LEVANTAMENTOS AEROFOTOGRAMÉTRICOS REALIZADOS COM VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT)

Glauber Carvalho Costa
Igor de Carvalho Almeida
Rafael Claudino da Silva
Rafael Bazílio Viana

CAPÍTULO 12 144

ESTUDO SOBRE O EMPREGO DE MODELOS DIGITAIS DE TERRENO E ELEVAÇÃO, GERADOS DE LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO CONVENCIONAL, PERFILAMENTO A LASER AÉREO, SRTM, TOPODATA, ASTER GDEM V2 E WORLDDEM, COM ÊNFASE EM PROJETOS VIÁRIOS

Glauber Carvalho Costa
Igor de Carvalho Almeida
Rafael Claudino da Silva
Rubens José Souza Galvão
Rafael Bazílio Viana

CAPÍTULO 13 155

FRONTEIRA AGRÍCOLA E A ESTRUTURA DA PAISAGEM NA SUB-BACIA DO RIO RIACHÃO – OESTE DA BAHIA

Crisliane Aparecida Pereira dos Santos
Edson Eyji Sano
Pablo Santana Santos

CAPÍTULO 14 165

IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS SUSCEPTÍVEIS À OCUPAÇÃO IRREGULAR POR MEIO DE TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO NO BAIRRO DE GRAMAME, EM JOÃO PESSOA – PB

Erickson Melo de Albuquerque
Cícero Fidelis da Silva Neto
Marcos Leonardo Ferreira dos Santos

CAPÍTULO 15..... 175

ÍNDICES TEXTURAIS DAS ÁREAS DE EXPLORAÇÃO FLORESTAL NA FLONA DO TAPAJÓS (PARÁ), UTILIZANDO IMAGENS DE MÉDIA RESOLUÇÃO ESPACIAL FUSIONADAS.

Marília Gabriela Lopes da Silva
Tássio Franco Cordeiro
Rodrigo Rafael Sousa de Oliveira
Igor da Silva Narvaes
Alessandra Rodrigues Gomes
Marcos Adami
Lucas José Mazzei de Freitas
Dalton de Morrison Valeriano

CAPÍTULO 16..... 190

INTEGRAÇÃO DE GEOTECNOLOGIAS PARA APOIAR RESPOSTAS A EVENTOS HIDROLÓGICOS CRÍTICOS: A EXPERIÊNCIA DA UNIDADE ESTADUAL DE MONITORAMENTO HIDROMETEOROLÓGICO DURANTE AS INUNDAÇÕES DE 2015 NA BACIA DO RIO ACRE – ACRE/BRASIL

Alan dos Santos Pimentel
Vera Lúcia Reis
Ylza Marluce Silva de Lima
Luiz Alves dos Santos Neto
Diana de Souza Bezerra
Tatiane Mendonça de Lima
Irving Foster Brown

CAPÍTULO 17 201

INDICAÇÃO ESTATÍSTICA DE ÁREAS DE GARIMPO DE AMETISTA COM O USO DE IMAGENS ASTER

Jean Marcel de Almeida Espinoza
Deivid Cristian Leal Alves
Silvia Beatriz Alves Rolim
Jefferson Rodrigues dos Santos
Maurício Soares Ortiz
Miguel da Guia Albuquerque

CAPÍTULO 18..... 213

MAPEAMENTO DAS ÁREAS OCUPADAS COM PASTAGENS NO TRIÂNGULO MINEIRO-MG

Jorge Luís Silva Brito
Roberto Rosa
Mirna Karla Amorim da Silva

CAPÍTULO 19..... 222

MÉTRICAS DE PAISAGEM NA CARACTERIZAÇÃO DOS FRAGMENTOS FLORESTAIS POR MEIO DA FUSÃO DA IMAGEM CBERS 4

Caroline Bessi Fávero
Anderson Antonio da Conceição Sartori
Sidnei Fonseca Guerreiro
Victor Munhoz Ruiz
Rosane Maria Kaspary
Martha Santana Martins

CAPÍTULO 20..... 240

MODELAGEM DINÂMICA ESPACIAL DAS MUDANÇAS DE COBERTURA DA TERRA NA REGIÃO SUL DO ESTADO DE RORAIMA, NORTE DA AMAZÔNIA

Maristela Ramalho Xaud
Cláudia Maria de Almeida
Haron Abraham Magalhães Xaud

CAPÍTULO 21..... 254

SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS DE PERDA DE SOLO POR EROÇÃO LAMINAR NA REGIÃO METROPOLITANA DE GOIÂNIA.

Gabriella Santos Arruda de Lima

Nilson Clementino Ferreira

CAPÍTULO 22..... 265

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DO MODELO SWAT PARA ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL PARA A REGIÃO DE PETROLINA, ESTADO DE PERNAMBUCO

Teônia Casado da Silva

Madson Tavares Silva

Danielle Teixeira Alves da Silva

Edivaldo Afonso de Oliveira Serrão

Eduardo da Silva Margalho

SOBRE O ORGANIZADOR274

SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS DE PERDA DE SOLO POR EROÇÃO LAMINAR NA REGIÃO METROPOLITANA DE GOIÂNIA.

Gabriella Santos Arruda de Lima

Universidade Federal de Goiás - UFG - Campus Samambaia (Campus II), Goiânia – Goiás.

Nilson Clementino Ferreira

Universidade Federal de Goiás - UFG - Campus Samambaia (Campus II), Goiânia – Goiás.

RESUMO: A erosão é uma importante fonte de perigo para os solos. É causada por agentes naturais, como a chuva, causam danos às culturas, exaustão do solo, assoreamento e poluição das bacias hidrográficas. Tais processos são intensificados, na região metropolitana de Goiânia, pela remoção de vegetação nativa e estabelecimento de pastagens e lavouras. A Equação Universal de Perda de Solo (USLE), aplicada pelo uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), permite estimar a erosão em diversas condições de uso da terra. O USLE foi selecionado como uma metodologia com o objetivo de avaliar a suscetibilidade erosiva ao uso atual do solo e também para os remanescentes cenários de vegetação transformados em agricultura e pastagem, comparando seus valores para prever como a conversão do ativo ambiental pode colaborar para a ocorrência de erosão. Considerando-se toda a região metropolitana de Goiânia, simularam-se os seguintes cenários: atual, pastagem e agricultura. A

suscetibilidade erosiva ao pasto foi aumentada para quase cinco vezes e a agricultura mais de 130 vezes em comparação com o cenário atual. Observou-se que os cenários simulados resultaram em um aumento da perda média de solo de 3,33 t.ha⁻¹.ano⁻¹ e de 14,3 t.ha⁻¹.ano⁻¹ para Pastagem e Agricultura, respectivamente. Os resultados indicam que a conversão de passivos ambientais demonstra um aumento significativo na suscetibilidade erosiva.

PALAVRAS-CHAVE: erosão laminar, USLE, antropização.

ABSTRACT. Erosion is a major source of danger to soils. It is caused by natural agents, like rain, cause damage to crops, soil exhaustion, siltation and pollution of watersheds. Such processes are intensified, in the metropolitan region of Goiânia, by the removal of native vegetation and establishment of pastures and crops. The Universal Soil Loss Equation (USLE), applied by the use of the Geographic Information Systems (GIS), allows to estimate erosion in varying land use conditions. USLE was selected as a methodology with the objective of evaluating the erosive susceptibility to the current ground use and also for the remaining vegetation scenarios transformed into agriculture and pasture, comparing their values to predict how the conversion of environmental asset can collaborate for the occurrence of erosion.

Considering that the whole metropolitan area of Goiânia, these ensuing scenarios were simulated: Current, Pasture and Agriculture. The erosive susceptibility to pasture was increased to almost five times and Agriculture over 130 times compared to the Current Scenario. It was observed that the simulated scenarios resulted in an increase of the average soil loss of $3.33 \text{ t.ha}^{-1}.\text{year}^{-1}$ and $14.3 \text{ t.ha}^{-1}.\text{year}^{-1}$ for Pasture and Agriculture, respectively. The results indicate that the conversion of environmental liabilities demonstrates a significant increase in erosive susceptibility.

KEYWORDS: laminar erosion, USLE, anthropization.

1 | INTRODUÇÃO

O transporte de partículas de solos causado pela ação do vento e da água produzem vários tipos de erosão, sendo uma delas a laminar, conforme Bertoni e Lombardi Neto (1993). De acordo com Ranieri et al. (1998) entre os principais fatores que induzem esse processo estão a erosividade da chuva, erodibilidade dos solos e características do relevo e ainda a ocupação e formas de uso do solo. Em função da sua localização e os elevados índices pluviométricos, no Brasil a erosão hídrica é predominante (Pruski, 2009).

O intenso uso da terra no estado de Goiás para a agricultura e pecuária, sem planejamento e práticas conservacionistas adequadas, pode contribuir para cenários de insustentabilidade ambiental (Ferreira et al, 2009). Na região metropolitana de Goiânia, devido ao intenso processo de urbanização e uso do solo para desenvolvimento de atividades agropecuárias e industriais, vem ocorrendo importantes e profundas alterações do ambiente natural. Com a mudança do uso da terra a infiltração do solo fica reduzida aumentando o escoamento superficial, podendo causar enchentes e a erosão do solo. (Silva, 2015). Além disso, em regiões de grande adensamento urbano ainda ocorre o efeito de ilhas de calor, que podem alterar a intensidade pluviométrica (Teza e Baptista, 2005).

A presença de biomassa vegetal nativa controla a erosão hídrica, pois permite a interceptação pluviométrica, possibilita maior infiltração, protege o solo contra o impacto direto das gotas de chuva e o escoamento superficial, que desloca partículas de solo é reduzido (Cook e Doornkamp, 1990). Dessa forma, a presença de cobertura vegetal atua como um dos principais fatores de controle do processo erosivo. A Equação Universal de Perda dos Solos EUPS, proposta por Wischmeier e Smith (1978) é amplamente utilizada como método de avaliação da perda de solos, podendo ser prevista para cenários hipotéticos, em processos de planejamento, permitindo uma comparação entre os distintos usos da terra (Machado et al. 2003).

Nesse sentido o estudo sobre erosão laminar do solo em regiões antropizadas se torna importante para um maior conhecimento dos agravantes que essa antropização pode causar ao solo. Esse trabalho tem como objetivo estimar a perda do solo na região metropolitana de Goiânia por meio da EUPS com o atual uso da terra e também

com os cenários de vegetação remanescente transformada em agricultura e em pastagem, comparando seus valores para se prognosticar o quanto a conversão do ativo ambiental pode colaborar para a ocorrência de erosão.

2 | 2. METODOLOGIA

2.1 Localização e Caracterização da Área de Estudo

A Região Metropolitana de Goiânia, com seus vinte municípios, ocupa 7.397,203 km² onde residem 2,384 milhões de habitantes, ou 35% da população e 36,5% do Produto Interno Bruto (PIB) do estado de Goiás (IBGE, 2010), sendo a região de maior representatividade demográfica, social e econômica do estado. Os solos encontrados na região predominantemente são Argissolo, Cambissolos, Gleissolos, Latossolos e Neossolos (Embrapa, 1999). Nos meses de dezembro e janeiro, de maior concentração pluviométrica, a média de precipitação é de 270 mm e no período de maior seca, nos meses de junho, julho e agosto as médias pluviométricas são bastante reduzidas podendo chegar a 0 mm (INMET, 1992). O relevo é predominantemente plano a suave-ondulado com poucas áreas com declividade mais elevada. Verifica-se que a maior parte dos municípios está antropizado, as pastagens têm maior predominância em toda a região rural, com presença de agricultura distribuída, mas nota-se maior ocorrência ao norte e sul, a vegetação remanescente está presente em toda a região, mas amplamente fragmentada, por outro lado é possível observar as grandes áreas urbanizadas, principalmente, no município de Goiânia.

A região metropolitana de Goiânia encontra-se entre as coordenadas de latitude Sul 16° 08' e 17° 12' e longitude Oeste 49° 44' e 48° 48', conforme Figura 1.

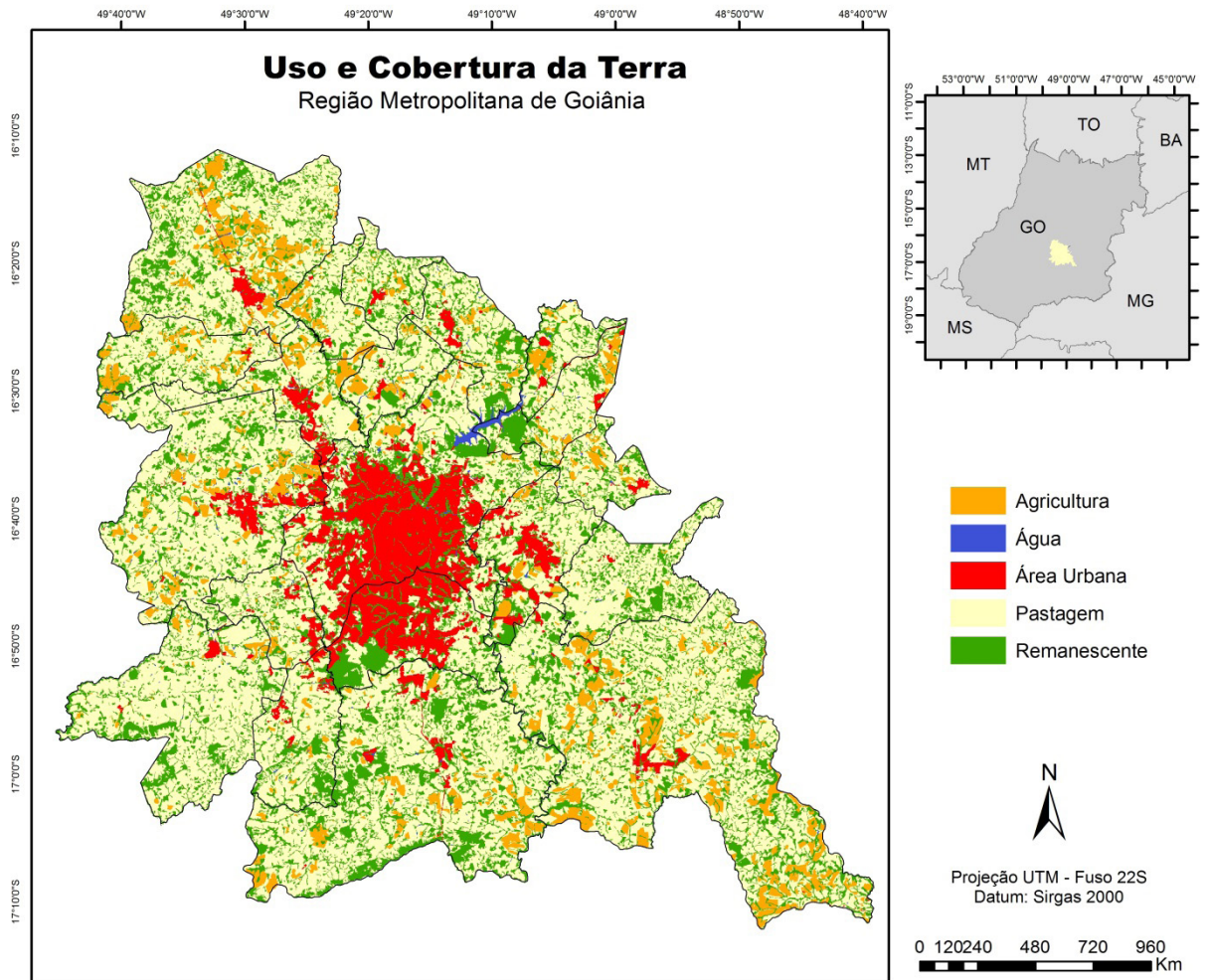


Figura 1. Localização e uso e cobertura da terra da região metropolitana de Goiânia.

2.2 Materiais e Métodos

A metodologia adotada para estimar a perda dos solos foi a EUPS dos autores Wischmeier e Smith (1978) com os seguintes fatores da Equação 1:

$$A = R * K * LS * C * P \quad (1)$$

Sendo,

A= perda anual do solo ($\text{ton} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$);

R= fator erosividade da precipitação ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$);

K = fator erodibilidade do solo ($\text{ton ha MJ}^{-1} \text{mm}^{-1}$);

LS = fator comprimento de rampa (adimensional);

C = fator de cobertura e manejo da cultura (adimensional);

P = fator prática de manejo (adimensional).

A erosividade da chuva (fator R) foi estimada por meio da Equação 2 proposta por Lombardi Neto e Moldenhauer (1992) para cálculo da média mensal do índice de erosão.

$$R = \sum_{i=1}^{12} EI_{30i} \quad (2)$$

Sendo:

$$EI_{30i} = 67,3555 \left(\frac{r^2}{P} \right)^{0,85} \quad (3)$$

Onde,

EI é a média mensal do índice de erosão (MJ.mm,há⁻¹;h⁻¹);

r é a precipitação média mensal (mm);

P é a precipitação média anual (mm);

i é o índice de meses; e

R é a erosividade.

Os valores das médias de precipitações mensal e anual foram obtidos por meio do Satélite tropical de medição de precipitações (TRMM sigla em inglês) ao longo de 12 meses do ano de 2012 sendo os dados mais recentes disponibilizados pelo satélite.

A erodibilidade dos solos (fator K) foi extraída a partir da revisão bibliográfica da obra de Silva e Alvares (2005), fruto de uma compilação de dados que resultaram em uma tabela contendo os solos e os respectivos valores de erodibilidade. Para este trabalho foram selecionadas apenas as classes dos solos relevantes para a área em estudo e estão descritos conforme Quadro 1. O mapa de solos da região foi adquirido junto a Agência Ambiental.

Solos	Fator K (ton ha MJ⁻¹ mm⁻¹)
Argissolos	0,01990
Cambissolos	0,0182
Gleissolos	0,0279
Latossolos	0,0043
Neossolos	0,0127

Quadro1. Valores de Erodibilidade para classes de solo.

Fonte: Silva e Alvares (2005), adaptado.

O fator topográfico (fator LS) foi obtido a partir do modelo digital de elevação (MDE) com resolução de 30 metros adquirido a partir do projeto Topodata SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*). Processado no software SAGA GIS (*System for Automated Geoscientific Analyses*) utilizando como referência a equação de Moore e Burch (1986), conforme Equação 4.

$$LS = \left(\frac{As}{22.1} \right)^m \times \left(\frac{\text{sen}\theta}{0,896} \right)^{0,6} \quad (4)$$

Onde, **As** é o produto da acumulação de fluxo pelo tamanho da célula (área de contribuição);

θ é o declive em graus; m é o comprimento do ângulo de inclinação.

Os valores de CP foram utilizados em conjunto, sendo o primeiro cobertura e manejo da cultura obtido a partir do mapeamento de uso e cobertura da terra com os valores adotados da literatura de Baptista (2003) conforme Quadro 2. As práticas conservacionistas (fator P) foi adotado valor constante 1, como sendo o pior caso, onde não há práticas conservacionistas, havendo maior suscetibilidade à erosão. (Ferraz et al, 2013).

O mapa de uso e ocupação da região metropolitana de Goiânia foi elaborado a partir de imagens Landsat 8 OLI do ano de 2015 e 2016, referentes às orbitas-ponto 221-72, 222-71 e 222-72. Com o objetivo de realizar um mapeamento em escala superior a 1:100.000, foi realizada uma fusão entre as bandas multiespectrais e a banda pancromática deste sensor, com resolução espacial de 15 metros. Em seguida, tais imagens foram segmentadas no software Spring 5.2.6.1 em polígonos com áreas superiores a 6,25 ha, então se procedeu com a classificação das imagens. Por fim, foi realizada uma inspeção visual na classificação gerada para a eliminação possíveis inconsistências. Os polígonos classificados equivocadamente foram alterados manualmente. As classes consideradas foram agricultura, área urbana, vegetação savânica e pastagem.

Uso e ocupação da terra	Fator CP (adimensional)
Agricultura	0,12
Área urbana	0,0
Vegetação Savânica	0,0007
Pastagem	0,055

Quadro 2. Fator CP em função do uso e ocupação da terra.

Fonte: Baptista (2003)

2.2.1 Cenários previstos para conversão da vegetação remanescente

Os fatores erosividade (fator R), erodibilidade (fator K), topográfico (fator LS), cobertura e manejo da cultura (fator CP) a partir da metodologia aplicada resultaram em rasters com resolução espacial de 30 metros, sendo gerado desta forma o mapeamento de cada um destes fatores separadamente.

De posse destes dados foram multiplicados os fatores para obtenção da susceptibilidade erosiva para a região metropolitana de Goiânia com o cenário atual de uso e ocupação da terra. Bem como foram calculadas as potenciais perdas dos solos para outros dois cenários hipotéticos, o primeiro cenário o uso do solo de áreas remanescentes são simuladas como sendo agricultura e o segundo cenário como pastagem. No Cenário Agricultura as áreas de remanescentes receberam o valor 0,12 (adimensional) e no Cenário Pastagem o valor 0,055 (adimensional).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da EUPS nesse trabalho devem ser analisados de forma qualitativa, por se tratar de uma grande área analisada. Desta forma os valores foram classificados de acordo com Perovic et al. (2013) para camadas de suscetibilidade erosiva com classificações que vão de fraca a muito severa.

A partir do mapeamento de uso da terra realizado e o processamento da EUPS inferiu-se uma área 1702,47 km² de vegetação remanescente possuindo uma perda do solo média de apenas 0,006763 ton.ha⁻¹.ano⁻¹. A agricultura na região abrange uma área de 608,49 km² correspondendo a uma perda de solo de 5,98 ton.ha⁻¹.ano⁻¹, a pastagem 4.298,17 km² e possui perda do solo média de 5,96 ton.ha⁻¹.ano⁻¹, como pode ser verificado na Tabela 1. A diferença de área entre pastagem e agricultura é acentuada, porém apresenta susceptibilidade erosiva próxima, isso se deve aos valores do fator CP atribuído a cada uma delas.

Perda de Solos Média	Remanescente	Pastagem	Agricultura
Área (km ²)	1702,47	4.298,17	608,49
Cenário atual (t.ha ⁻¹ .ano ⁻¹)	0,006763	5,96	5,98
Área (km ²)	1702,47	6000,64	2.310,96
Cenário Hipotético (t.ha ⁻¹ .ano ⁻¹)	-	9,29	20,28

Tabela1. Valores médios de perda dos solos

Por meio da simulação de cenários baseado na mudança de uso do solo, nota-se (tabela 01) nos valores médios de perda do solo para toda a Região Metropolitana de Goiânia, que se toda a área de remanescente (1702,47 km²) for convertida em pastagem haverá a mudança da classe fraca para a classe moderada. Sendo toda a área de remanescente convertida em agricultura a classe muda de fraca para muito alta. Representando, para área simulada como pastagem, um aumento de perda do solo de 3,33 ton.ha⁻¹.ano⁻¹ e para agricultura 14,3 ton.ha⁻¹.ano⁻¹.

Segundo Tomazoni et al. (2005) a cobertura vegetal representa uma proteção natural para o solo. As perdas de solo são reguladas de acordo com a capacidade de

proteção que cada cultura oferece. Nesse trabalho isso pode ser confirmado a partir do produto dos fatores da EUPS ($A = R.K.LS.CP$). É possível observar na Figura 2 que a presença de vegetação remanescente representa uma maior proteção ao solo em contrapartida as pastagens e agricultura que diminuem significativamente essa proteção.

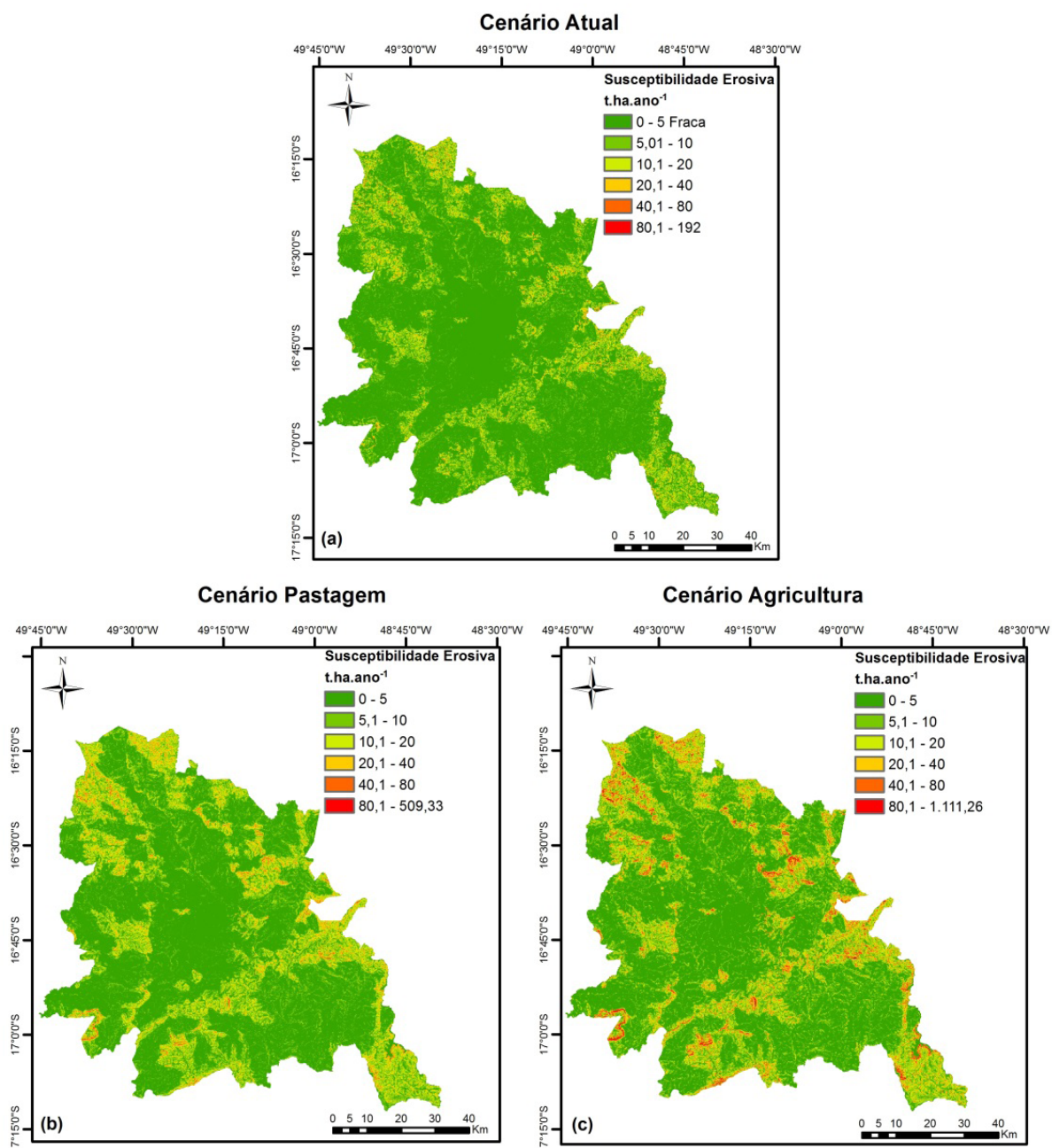


Figura 2. Mapa da distribuição espacial da susceptibilidade erosiva. (a) Situação atual (Cenário Atual); (b) Simulação para pastagem (Cenário Pastagem); (c) Simulação para agricultura (Cenário Agricultura).

Há uma mudança perceptível dos valores de susceptibilidade erosiva (Figura 2). No Cenário Atual pode se observar que a presença de cobertura vegetal savânica possui valores que vão de 0 a 192 $\text{ton.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, já no Cenário Pastagem os valores aumentam para 0 a 509 $\text{ton.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ e o Cenário Agricultura que ofereceu menor proteção ao solo está entre 0 e 1.111 $\text{ton.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$. Os resultados apresentados

indicam um controle eficiente da presença de cobertura vegetal savânica para a diminuição da susceptibilidade erosiva, devido a capacidade dessa vegetação em minimizar os efeitos do impacto das gotas de chuva sobre o solo e a melhora no escoamento superficial das águas.

Na Tabela 2 é considerada toda a área da região metropolitana de Goiânia (7.297,45 km²), onde são apresentados os valores de perda do solo para o Cenário Atual, Pastagem e Agricultura. Em todos cenários a maior parte da área (75,23%, 63,62% e 58,47% respectivamente) se encontra classificada como fraca onde a perda do solo é de até 5 ton.ha⁻¹.ano⁻¹ e a menor parte (0,01%, 0,03% e 0,81%) classificada como Muito Severa com perda do solo maior que 80 ton.ha⁻¹.ano⁻¹, na qual a área aumentou o equivalente a quase cinco vezes para o Cenário Pastagem e mais de 130 vezes para o Cenário Agricultura.

Classes	Perda do Solo t.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	Cenário Atual		Cenário Pastagem		Cenário Agricultura	
		Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%
Fraca	0 a 5	5.490,08	75,23	4.642,33	63,62	4.267,08	58,47
Moderada	6 a 10	909,04	12,46	1234,30	16,91	1240,36	17
Alta	11 a 20	645,27	8,84	935,70	12,82	976,32	13,38
Muito Alta	21 a 40	229,16	3,14	416,56	5,71	523,64	7,18
Severa	40 a 80	23,44	0,32	66,42	0,91	230,98	3,17
Muito severa	>80	0,43	0,01	2,12	0,03	59,04	0,81
Total		7.297,45	100	7.297,45	100	7.297,45	100

Tabela 2. Classificação do grau de erosão por cenários na região metropolitana de Goiânia.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A mudança de uso e cobertura da terra representa um importante fator na perda do solo, no qual diferentes usos apresentam distintas capacidades de intensificação na susceptibilidade erosiva. Sendo que a presença de pastagem e agricultura elevam esses níveis consideravelmente, pois altera as condições naturais da cobertura vegetal e das propriedades dos solos que se tornam compactados. Para grandes áreas como a selecionada a metodologia, de estimativa de erosão laminar, adotada oferece bons resultados.

5 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPEG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás) pela concessão de bolsa de estudos.

REFERÊNCIAS

- BAPTISTA, G. M. M. **Diagnóstico ambiental de erosão laminar: Modelo Geotecnológico e aplicação**. Editora Universa. Brasília, DF. 2003, 140p..
- BERTONI, J. E LOMBARDI NETO, F. (1993). **Conservação do Solo**. 3ª edição, Ícone Editora, São Paulo.
- COOK, R. U.; DOORNKAMP, J. C. **Geomorphology in environmental management**. Oxford: Clarendon, 1990.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa do Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro : Embrapa SPI, 1999. 412p.
- FERRAZ, S.F.B DE.; PEREIRA, M.F; PAULA. F.R.DE.; VETTORAZI, C.A.; ALVARES, C.A. **Simulação de perdas de solo em função de cenários de adequação ambiental em microbacias agrícolas**. Sci. For., Piracicaba, v. 41, n. 98, p. 271-282, jun. 2013
- FERREIRA, M. E.; MIZIARA, F.; FERREIRA JÚNIOR, L. G.; RIBEIRO, F. L.; FERREIRA, N. C. **Ativos ambientais do bioma cerrado: uma análise da cobertura vegetal nativa e sua relação com o preço da terra no estado Goiás**. Revista Brasileira de Cartografia, v. 1, n. 61, p. 37-50, 2009.
- IBGE. Censo demográfico 2010. **Indicadores municipais: resultados do universo**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <http://censo2010.ibge.gov.br/apps/atlas/>. Acesso em: 23 out. 2016.
- INMET. **Normais Climatológicas 1961 a 1990**. INMET. Brasília, 1992.
- LOMBARDI NETO, F. & MOLDENHAUER, W.C. **Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas (SP)**. Bragantia, Campinas, 51(2):189-196, 1992.
- MACHADO, R. E.; VETORAZZI, C. A.; XAVIER, A. C. **Simulação de cenários alternativos de uso da terra em uma microbacia utilizando técnicas de modelagem e geoprocessamento**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 27, n. 4, p.727-733, 2003.
- MOORE, I. D.; BURCH, G. L. **Modeling erosion and depositon: topographic effects**. Transaction of the ASAE. v. 20, n. 6, p. 1624 –1630, 1986.
- PEROVIC, V.; ZIVOTIC. L.; KADOVIC, R.; DORDEVIC, A.; JARAMAZ, D.; MRVIC, V.; MRVIC, V.; TODOROVIC, M. **Spatial modelling of soil erosion potential in aountainous watershed of South-eastern Serbia**. Environ Earth Sci. Environ Earth Sci, n.68, p.115–128, 2013.
- PRUSKI, F. F. Prejuízos decorrentes da erosão hídrica e tolerância de perdas de solo. In:(ed.). **Conservação de solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica**. 2.ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2009a. p. 13-23. (cap.1).
- RANIERI S.B.L. SPAROVEK G. SOUZA M.P DOURADO NETO D. **Aplicação de Índice Comparativo va Avaliação do Risco de degradação das Terras**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Volume 22, n. 4, Viçosa - MG, outubro a dezembro de 1998.
- SILVA, M.A. **Modelagem hidrológica e das perdas de solos: suas relações com a forma do relevo e uso do solo na Bacia do rio Taperoá-PB**, 2015. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2015.
- SILVA, A.M.; ALVARES, C.A. **Levantamento de informações e estruturação de um banco dados**

sobre a erodibilidade de classes de solos no estado de São Paulo. Geociências, v. 24, n. 1, p. 33-41, 2005.

TEZA, C. T. V.; BAPTISTA, G. M. DE M. Identificação do fenômeno ilhas urbanas de calor por meio de dados ASTER on demand 8 – Kinetic Temperature (III): metrópoles brasileiras. In: **Anais** do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12, Goiânia: INPE, 2005. p. 3911-3918.

TOMAZONI, J.C.; MANTOVANI, L.E.; BITTENCOURT, A.V.L.; ROSA FILHO, E.F. da. **A sistematização dos fatores da Eups em Sig para quantificação da erosão laminar na bacia do rio Anta Gorda (PR).** Estudos Geográficos, Rio Claro, v.3, n.1, p.1-21, jan./jun. 2005.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting a rainfall erosion losses – a guide to conservation planning.** Washington: USDA/ARS, 1978. 58 p. (Agricultural Handbook n° 573).

SOBRE O ORGANIZADOR

Leonardo Tullio Engenheiro Agrônomo (Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais-CESCAGE/2009), Mestre em Agricultura Conservacionista – Manejo Conservacionista dos Recursos Naturais (Instituto Agronômico do Paraná – IAPAR/2016). Atualmente, é professor colaborador do Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG, também é professor efetivo do Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais – CESCAGE. Tem experiência na área de Agronomia – Geotecnologias, com ênfase em Topografia, Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto. E-mail para contato: leonardo.tullio@outlook.com

Agência Brasileira do ISBN

ISBN 978-85-85107-48-2



9 788585 107482