

**PAULO HENRIQUE GONÇALVES MARQUES**

**ESTUDO DA BACIA DO RIBEIRÃO JOÃO LEITE (GO, BRASIL):  
UMA ANÁLISE MORFOMÉTRICA E DAS AÇÕES HUMANAS**

**Programa de Pós-Graduação em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado  
(Mestrado Profissional)**



## **Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano**

*Reitor*

Prof. Dr. Vicente Pereira Almeida

*Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação e Inovação*

Prof. Dr. Fabiano Guimarães Silva

### **Campus Urutaí**

*Diretor Geral*

Prof. Dr. Gilson Dourado da Silva

*Diretor de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação*

Prof. Dr. André Luís da Silva Castro

## **Programa de Pós-Graduação em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado**

*Coordenador*

Prof. Dr. Ivandilson Pessoa Pinto de Menezes

**PAULO HENRIQUE GONÇALVES MARQUES**

**ESTUDO DA BACIA DO RIBEIRÃO JOÃO LEITE (GO,  
BRASIL): UMA ANÁLISE MORFOMÉTRICA E DAS AÇÕES  
HUMANAS**

*Orientador*

Prof. Dr. Leandro Caixeta Salomão

Dissertação apresentada ao Instituto Federal Goiano –  
Campus Urutaí, como parte das exigências do Programa  
de Pós-Graduação em Conservação de Recursos Naturais  
do Cerrado para obtenção do título de Mestre.

Urutaí, GO

2017

Os direitos de tradução e reprodução reservados.

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/IF Goiano Campus Urutaí**

M732e Marques, Paulo Henrique Gonçalves.

Estudo da Bacia do Ribeirão João Leite (GO, Brasil): uma análise morfométrica e das ações humanas. [manuscrito] / Paulo Henrique Gonçalves Marques.-- Urutaí, GO: IF Goiano, 2017.  
50 fls.

Orientador: Dr. Leandro Caixeta Salomão

Coorientador: Dr. Guilherme Malafaia Pinto

Dissertação (Mestrado) – Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí, 2017.

1. Susceptibilidade e potencialidade à erosão laminar. 2. Uso e Ocupação do Solo. 3. Sistema de informações geográficas. I. Título.

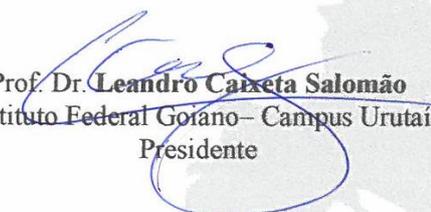
CDU 631/635

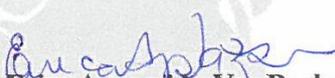


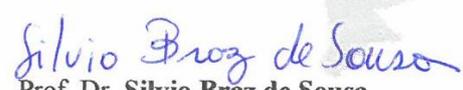
## FICHA DE APROVAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Título da dissertação:	<i>Estudo da bacia do ribeirão João Leite (GO, Brasil): uma análise morfométrica e das ações humanas</i>
Orientador:	Prof. Dr. Leandro Caixeta Salomão
Autor:	Paulo Henrique Gonçalves Marques

Dissertação de Mestrado **APROVADA** em 27 de dezembro de 2017, como parte das exigências para obtenção do Título de **MESTRE EM CONSERVAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS DO CERRADO**, pela Banca Examinadora especificada a seguir.

  
Prof. Dr. **Leandro Caixeta Salomão**  
Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí  
Presidente

  
Prof.ª Dra. **Erica Aparecida Vaz Rocha**  
Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí  
Membro titular

  
Prof. Dr. **Silvio Braz de Sousa**  
Universidade Estadual de Goiás – Câmpus Itapuranga  
Membro titular

## **AGRADECIMENTOS**

Inicialmente agradeço à Deus e à minha família, em especial às minhas filhas Larissa e Lara Júlia, por todo o amor e carinho. Também, toda a minha gratidão vai para a Natália Carvalho, pelo amor, carinho e companheirismo.

À União dos brasileiros, que por meio de seus impostos proporciona a existência e manutenção do Instituto Federal e de tantas outras universidades públicas que proporcionam um ensino de qualidade e de acesso gratuito para grande parte das pessoas deste país. Pelo menos àquelas que veem na educação e no conhecimento um caminho para uma vida melhor.

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, em especial ao corpo docente e o administrativo do Programa de Pós-Graduação em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado, pela aprendizagem de qualidade a mim proporcionada.

Agradecimento especial ao orientador professor Dr. Leandro Caixeta Salomão e coorientador professor Dr. Guilherme Malafaia Pinto pelas orientações, pelos valiosos ensinamentos, tolerância e as inúmeras oportunidades que tem me concedido de seguir nos estudos percebendo cada vez mais o mundo.

A todos os amigos, o professor Silvio Braz, Carlos Cristóvão, Robson Martins, Marlon Pontes, Vilson Queiroz e os colegas de turma, pela amizade, conquistas e por compartilhar no ambiente acadêmico esse longo tempo de nossas vidas.

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>14</b>
2.1. Área de Estudo .....	14
2.2 Declividades e hipsometria.....	15
2.3. Mapa de solos .....	16
2.4. Cobertura vegetal e uso do solo.....	16
2.5. Análise morfométricas e sua rede de hidrográfica .....	18
2.6. Susceptibilidade à erosão laminar .....	19
2.7. Potencialidade para erosão laminar .....	20
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>21</b>
3.1. Mapa declividade e hipsometria .....	21
3.2. Mapa de solos .....	24
3.2. Mapa da cobertura vegetal e uso do solo.....	27
3.3 Mapa da rede hidrográfica e sua morfometria.....	33
3.3.1. Análise morfométrica .....	35
3.4. Mapa da susceptibilidade à erosão laminar .....	39
3.5 Mapa de potencialidade para erosão laminar .....	42
<b>4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>47</b>
<b>5. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>48</b>

## RESUMO

Esta pesquisa consiste na aplicação de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto para a análise da bacia hidrográfica do Ribeirão João Leite (BHRJL), localizada no eixo Brasília-Goiânia, a qual possui área aproximada de 761 km<sup>2</sup>. Neste estudo são reconhecidos os impactos ambientais existentes na BHRJL e identificadas a susceptibilidade e potencialidade à erosão laminar por meio da aplicação de técnicas de geotecnologia, técnicas morfométricas e de trabalho de campo. A metodologia consiste em gerar um Modelo Digital do Terreno (MDT), através das imagens de radar Alos-fbs Palsar com resolução espacial de 12,5 metros, o qual permitiu modelar o relevo da bacia hidrográfica e gerar planos de informações com declividades do terreno, e um mapa de cobertura e uso da terra, por meio de imagens de satélite do sensor OLI, abordo da plataforma Landsat 8 de, que por meio de fusão espectral permite uma resolução espacial de 15 metros. Para classificação digital da imagem foi utilizado o algoritmo *Maximum Likelihood Classification*, resultando em um mapeamento com alto nível de detalhe. Utilizou também o trabalho executado por Oliveira (1996), que elaborou o mapeamento dos solos da BHRJL na escala de 1:50.000. As classes de solo, bem como suas características, foram utilizadas no presente estudo como referência para o refinamento da versão final do mapa de solos. Dentre os modelos utilizados para simular a erosão laminar, utilizou-se a metodologia proposta por Salomão (1992). Determinou-se também as práticas conservacionistas, integrante deste modelo, a erodibilidade dos solos e o conjunto de comprimento de rampa e grau de declive. Com os mapas dos elementos naturais e antrópicos, foi possível fornecer elementos para trabalhos futuros que busquem diretrizes das práticas de uso e ocupação da terra, possibilitando identificar os impactos da interferência antrópica na BHRJL.

**Palavras-chave:** Susceptibilidade e Potencialidade à erosão laminar, Uso e Ocupação do Solo e Sistema de Informações Geográficas.

## ABSTRACT

This research consists of the application of geoprocessing and remote sensing techniques for the analysis of the Ribeirão João Leite watershed, located in the Brasília-Goiânia axis, which has an approximate area of 761 km<sup>2</sup>. In this study, the environmental impacts in the Ribeirão João Leite watershed are recognized and susceptibility and potentiality to laminar erosion are identified through the application of techniques of geotechnology, morphometric techniques and field work. The methodology consists of generating a Digital Terrain Model (DTM), using Alos-fbs Palsar radar images with a spatial resolution of 12.5 meters, which allowed the modeling of the relief of the watershed and generating information plans with terrain slopes, and a land cover and land use map, using OLI sensor images, aboard the Landsat 8 platform, which by means of spectral fusion allows a panchromatic band with resolution of 15 meters. For digital image classification, the Maximum Likelihood Classification algorithm was used, resulting in a high level of detail mapping. were used the work carried out by Oliveira (1996), who elaborated the soil mapping of Ribeirão João Leite watershed in the 1:50.000 scale. The soil classes, as well as their characteristics, were used in the present study as reference for the refinement of the final version of the soil map. Among the models used to simulate laminar erosion, the methodology proposed by Salomão (1992) was used. It was also determined the conservation practices, integral of this model, the erodibility of the soils and the set of ramp length and degree of slope. With the maps of the natural and anthropic elements, it was possible to provide elements for future works that seek guidelines of land use and occupation practices, making it possible to identify the impacts of anthropic interference on BHRJL.

**Keywords:** Susceptibility and Potentiality to laminar erosion, Soil Use and Land Use and Geographic Information System.

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, o processo de ocupação e apropriação para atividades humanas se iniciou com os povos indígenas, acelerando-se com a chegada dos europeus no século XVI. Entretanto, fenômenos com a intensificação da industrialização, no início do século XX, e a modernização do campo em meados da década de 1970, propiciou o aparecimento de fenômenos migratórios, os quais promoveram intensa ocupação urbana, que ocorreu desordenada e sem compromisso com as limitações ambientais (CORRÊA, 1981). Para Santos (1997), a problemática ambiental vem despertando a atenção de parte da sociedade, em virtude da desfiguração da paisagem causada pelos seres humanos. Assim, tem-se o agravamento crescente e contínuo das condições ambientais.

Por outro lado, a sociedade vem avançando tecnologicamente e, conseqüentemente, vários problemas ambientais vêm surgindo, entre os quais, podemos destacar o desmatamento de grande parte da cobertura vegetal nativa; a erosão das partículas de solo em função do desmatamento e apropriação principalmente para atividades agrícolas, bem como o conseqüente assoreamento e contaminação de mananciais por agrotóxicos (CORRÊA, 1981).

A região do bioma Cerrado refere-se a uma extensa superfície que ocupa grande parte do planalto central do território brasileiro, ocupando aproximadamente dois milhões de quilômetros quadrados, espalhando-se sobre os Estados de Tocantins, Goiás, sul do Pará, nordeste do Mato Grosso, Minas Gerais, norte de São Paulo e oeste da Bahia, caracterizada por uma precipitação média da ordem de 1.660 mm anuais, sujeita a variações sazonais importantes (períodos pronunciados de chuvas intensas e estiagens severas com quatro a cinco meses de duração), o que causa situações sazonais de baixa relativa na disponibilidade de recursos hídricos (GEO BRASIL, 2007).

O Cerrado possui grandes extensões de relevo plano, facilitando a expansão de novas fronteiras agrícolas, em especial de culturas extensivas dotadas de elevado grau de mecanização (grãos, em geral, em especial soja e milho). Apoiadas na larga utilização das reservas hídricas regionais, com vistas à elevação da produtividade e da eficiência agrícola, por vezes aplicando práticas de irrigação também em pastagens destinadas às atividades pecuárias complementares (FERREIRA, 2007).

Segundo Nascimento (1998), dentre as principais alterações no uso do solo, a erosão é, provavelmente, a forma mais grave de degradação da paisagem, e as atividades antrópicas têm acelerado esses processos de maneira intensa. Um dos impactos diretos da aceleração dos

processos erosivos é o aumento da produção de sedimentos que, ao atingirem corpos hídricos, se provenientes principalmente de áreas agrícolas, podem ocasionar o assoreamento desses sistemas, além de atuarem diretamente no transporte de outros poluentes (CUNHA, 1997).

De acordo com Cunha (1997), os estudos acerca da perda de solo são fundamentais para análise de impactos no ambiente e, em relação ao assoreamento de reservatórios, sabe-se que áreas com intensa atividade agrícola e reduzida cobertura vegetal, tendem a acelerar os processos de transporte de partículas de solo, os quais podem comprometer a vida útil do reservatório, bem como, a qualidade de água do manancial. Conforme destacado por Vilar (1993), a erosão tem sido reconhecida como um sério problema global de degradação das terras e uma ameaça aos recursos hídricos. O mau uso e ocupação do solo, sem levar em conta sua capacidade de renovação, têm levado a perdas por erosão cada vez maiores causando muitas vezes transtornos de caráter irreversíveis.

A erosão é um dos principais fenômenos que ocorre na superfície e se processa de várias formas. Dentre os principais fatores destacam-se o solo, a base fisiográfica, as condições climáticas, a topografia e a cobertura do solo. Dentro das Ciências Ambientais e na Geografia, trata-se do desgaste ou arrastamento da superfície da terra pela água corrente, vento, gelo ou outros agentes fisiográficos, incluindo processos como o arraste gravitacional (GUERRA & CUNHA, 1992).

Para Nóbrega et al. (2005), considerando as características físicas da área (geomorfológicas, pedológicas, geológicas e climáticas), podem se desenvolver dois tipos de erosão: a erosão laminar ou linear. Mas, a erosão quando ocorre de forma natural é definida como sucessiva e lenta, assim o solo passa a uma condição relativamente mais estável. Entretanto, quando as ações antropogênicas atuam como agentes aceleradores do processo erosivo, devido a não adoção de técnicas apropriadas de diagnóstico e conservação do solo, os danos ambientais podem ser severos. Segundo Valle Junior (2008), a erosão pode ser classificada de acordo com os seus agentes erosivos, sendo assim, a erosão relacionada à precipitação das chuvas dita de erosão pluvial; a decorrente da força modeladora dos ventos por erosão eólica; e a atrelada aos processos erosivos dos rios de erosão fluvial. Já Bertoni & Lombardi Neto (1990), apresenta a seguinte classificação:

- **Erosão hídrica:** causada pela ação das águas, e posteriormente, pelo escoamento hídrico superficial. Esse impacto das chuvas, é um dos principais processos de erosão, pois está relacionado com a intensidade das chuvas e o uso dos solos. As primeiras gotas que colidem contra a superfície do terreno desagregam pequenas partículas dos solos,

retirando, ao mesmo tempo, a camada mais fértil dos solos (GUERRA & CUNHA, 1992).

- **Erosão laminar:** refere-se a uma forma de erosão mais “perigosa”, visto que sua ação não é tão perceptível visualmente, pois erode de forma homogênea o terreno. Este tipo de erosão carrega pequenas partículas inorgânicas e orgânicas dos solos, o que acaba por interferir na produtividade agrícola.
- **Erosão em sulcos:** a concentração do escoamento superficial hídrico se dá pela irregularidade no micro-relevo, acarretando, posteriormente, a erosão em sulcos. Esta forma de erosão é percebida como pequenos rasgos no solo que são chamados de ravinas.
- **Erosão em voçorocas:** decorrem pelo constante escoamento superficial e interno hídrico, sendo que seu desenvolvimento se dar posterior à formação de ravinas. Este tipo de erosão pode acarretar perda da capacidade produtiva e de regeneração dos solos.

De acordo com Carvalho (2008), os fatores erosivos indicados pela sua natureza podem ser: inativa ou operante. Dentre dos agentes operantes podem ser citados a água, temperatura, insolação, vento, gelo, neve, a ação dos microrganismos e a ação humana, a qual pode ser considerada um agente erosivo ativo que tem atuação crescente com o aumento da população e a ocupação territorial. Dessa forma, as ações antrópicas, que provocam as erosões se manifestam no cotidiano pelas escavações, movimento de terras na construção, na agricultura e em todas as ações diretas sobre a superfície do solo. Assim, tais ações têm sido responsáveis pela origem de vários problemas socioambiental, tais como assoreamentos e contaminação dos mananciais por defensivos agrícolas, colocando em risco a saúde humana e da biota, em geral (GUERRA & CUNHA, 1992).

Já os agentes inativos referem-se à topografia, tipo de solo, cobertura vegetal e as formações superficiais (i.e.: materiais passíveis de erosão que afloram na superfície, como rochas, rochas alteradas e depósitos aluviais, coluviais e glaciais). A infiltração influi na erosão conforme a velocidade do movimento de água através do solo, ou seja, quanto maior a velocidade de infiltração, menor será a intensidade de enxurrada na superfície e, conseqüentemente, menor a erosão (CARVALHO,2008). Portanto, a erosão do solo define o resultado da atuação de diversos fenômenos que tendem a modificar o ambiente de uma bacia hidrográfica, dos quais se destaca a transformação da paisagem para utilização agrícola (TOMAZONI, 2005).

De acordo com Carvalho (et al. 2008), a dimensão do reservatório define a fugacidade do processo de assoreamento, ocasionando problemas ambientais, devido a deposição gradativa de sedimentos, ou até mesmo, a inutilizar o reservatório. Os reservatórios recebem a maior parte dos sólidos transportados nos cursos d'água, sendo que a determinação dos volumes de sedimentos neles depositados fornece indicações sobre a produção de sedimentos pelas bacias hidrográficas. A capacidade de armazenamento de um reservatório de água e a sua vida útil está diretamente relacionada com a velocidade com que esse reservatório é assoreado, assim os estudos sedimentológicos vêm sendo cada vez mais difundidos.

Segundo Chaves (1991), a intensificação dos problemas ambientais advindo da erosão, tais contribuiu enormemente para o desenvolvimento de modelos matemáticos que prognostica a existência de sedimentos, em determinados lugares específicos de uma bacia hidrográfica. Estes modelos matemáticos são utilizados para a avaliação de práticas de manejo da terra, avaliação e planejamento ambiental, sendo que a estimativa da erosão é essencial para determinar as práticas adequadas de conservação do solo, bem como é útil para identificação de impactos, antes mesmo de uma atividade agrícola.

Sendo assim, a preparação e aplicação de modelos matemáticos associados a técnicas de geoprocessamento, em estudos de erosão, têm sido utilizadas para melhor compreender processos de erodibilidade, conforme as características de determinadas áreas. Segundo Silva et al. (2003), as técnicas de geoprocessamento têm colaborado efetivamente no sentido de agilizar a obtenção de resultados e produtos, proporcionado, ainda, investigar o processo em situações hipotéticas.

Portanto, o objetivo geral dessa dissertação foi caracterizar e analisar a susceptibilidade e potencialidade a erosão laminar e a sua ligação com o sistema hídrico e os possíveis impactos ambientais em decorrências das ações humanas nas BHRJL. Já os objetivos específicos foram: caracterizar o meio físico-ambiental (declividades, solos e uso e cobertura dos solos) da bacia hidrográfica do Ribeirão João Leite; criar banco de dados geográficos com capacidade de modelagens ambientais e morfométricas; criar planos de informações capazes de indicar áreas susceptíveis e potenciais a erosão laminar. Enfim, analisar os dados obtidos com os produtos cartográficos.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Área de Estudo

A bacia hidrográfica do ribeirão João Leite possui várias fontes de poluição e degradação ambiental (IBGE, 1992). A pecuária e a agricultura, aliadas ao uso de defensivos agrícolas e à falta de conservação de solos, são os principais problemas da área. Com uma área aproximada de 761 km<sup>2</sup>, a bacia hidrográfica do ribeirão João Leite abrange os municípios de Goiânia, Anápolis, Nerópolis, Ouro Verde de Goiás, Goianópolis, Campo Limpo e Terezópolis de Goiás (Figura 1), estando inserida no chamado “Mato Grosso de Goiás”, uma zona de rico potencial agrícola que há décadas é utilizada de forma intensiva para o plantio de culturas agrícolas e formações de pastagens (ESTEVAM, 1998). O ribeirão em questão, possui extensão de 130 km e suas nascentes estão localizadas na Serra do Sapato Arcado, município de Ouro Verde de Goiás. O ribeirão é tributário do rio Meia Ponte, principal coletor de águas da região (SOUSA, 2013).

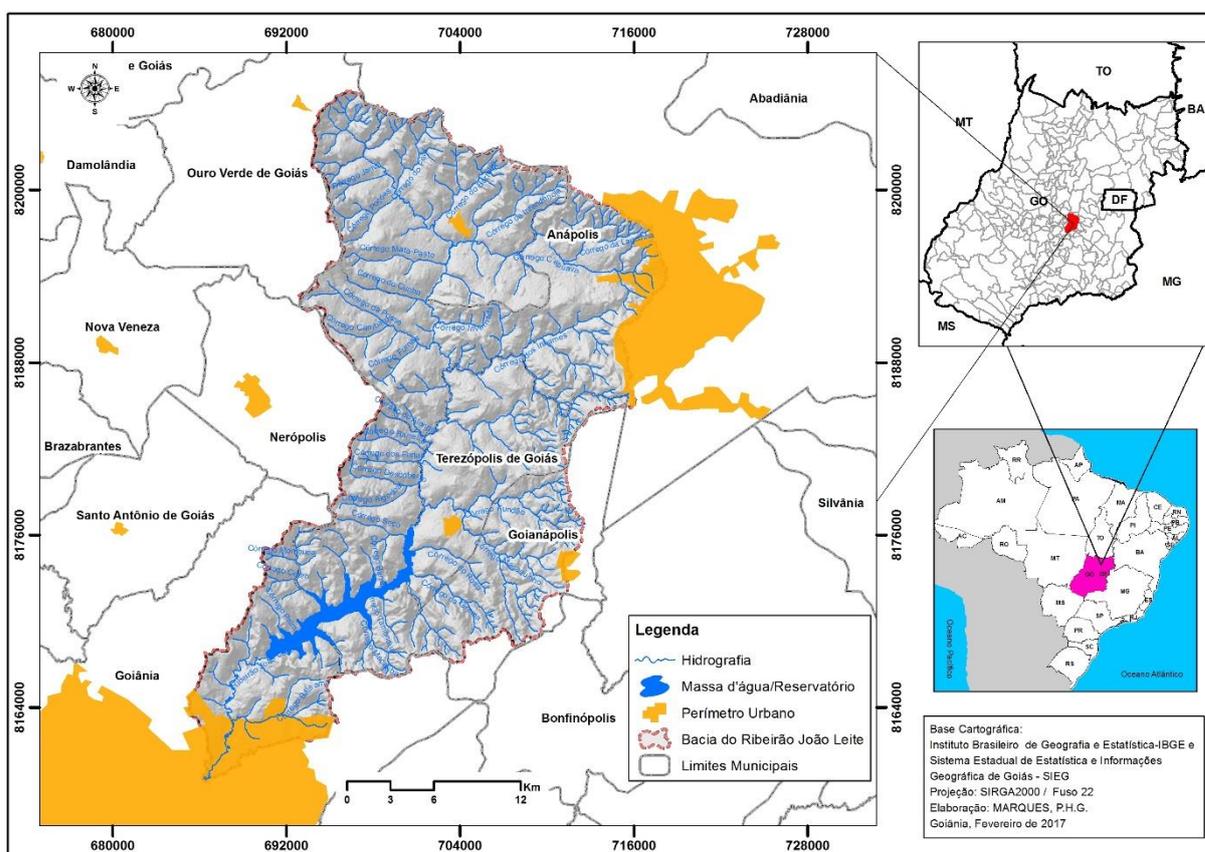


Figura 1. Mapa de localização da bacia hidrográfica do ribeirão João Leite, Estado de Goiás, Brasil.

## 2.2 Declividades e hipsometria

O arquivo *raster* com valores de declividade e a hipsometria foram gerados por meio de dados altimétricos fornecidos pelo satélite ALOS do radar PALSAR (*Phased Array L-band Synthetic Aperture Radar*, um radar polarimétrico de abertura sintética de banda larga com resolução espacial de 12,5 m (<https://www.asf.alaska.edu/sar-data/palsar>), o qual fornece modelo digital de elevação (MDE). Refinando o dado, tem-se como produto final um *raster* com resolução espacial de 12,5 x 12,5 m.

De posse do MDE da bacia hidrográfica do ribeirão João Leite, foram computados os valores de declividade para toda sua extensão. Em seguida, a imagem gerada foi fatiada, permitindo a geração de distintas classes conforme indica o Manual para Levantamento Utilitário do Meio Físico, Classificação de Terras (EMBRAPA, 2006). Além disso, a análise seguiu as orientações de Casseti (2006), Cholley (1950), Goiás (2005), Latrubesse et al. (1998) e Memade et al. (1998). Depois desses procedimentos, obteve-se o mapa de declividade e hipsométrico.

Pela metodologia adotada, a declividade é representada em seis diferentes classes (Tabela 1, as quais possibilitaram qualificar o relevo de acordo com a inclinação da superfície em relação ao plano do horizonte.

**Tabela 1.** - Classes de declividade definidas no presente estudo.

Nome da classe	Declividade (%)
Plano	0 - 3
Suave ondulado	3,1 - 8
Moderadamente ondulado	8,1 - 13
Ondulado	13,1 - 20
Forte ondulado	20,1 - 45
Montanhoso ou escarpado	> 45

Para a hipsometria utilizou-se o método de “quebras naturais” para a determinação dos intervalos na legenda, divididos em oito classes (Tabela 2), o que permitiu visualizar melhor as irregularidades no padrão de distribuição das altitudes no terreno (como quebras positivas ou negativas).

**Tabela 2.** Classes altimétricas definidas no presente estudo.

Número da classe	Altitude (m)
1	695 - 771
2	771 - 820
3	820 - 862
4	862 - 902
5	902 - 944
6	944 - 989
7	989 - 1047
8	1047 - 1156

### 2.3. Mapa de solos

Para a realização do mapa solos utilizou-se a base cartográfica do mapeamento mais recente, executado por Oliveira (1996), que elaborou o mapa dos solos da bacia na escala de 1:50.000, conforme o sistema de classificação da Embrapa/CNPS (2006). A técnica de coleta de dados dos tipos de solos em campo foi baseada no SIG, tem havido a interpretação de imagens OLI Landsat 8 de 2016 e o arquivo *raster* gerado por meio de dados altimétricos fornecidos pelos produtos ALOS do radar PALSAR (<https://www.asf.alaska.edu/sar-data/palsar>).

### 2.4. Cobertura vegetal e uso do solo

Para a elaboração do mapa de cobertura e uso da terra, foram utilizadas imagens de satélite do sensor Landsat 08 OLI de 13 Agosto de 2016, disponibilizados pelo site <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Com resolução espacial de 30 m, foi possível construir um mapa compatível com a escala de mapeamento. Posteriormente, o mapa foi complementado pelas informações obtidas em campanhas de campo. Portanto, as imagens utilizadas apresentam alta confiabilidade tanto em relação à obtenção de dados, quanto à qualidade radiométrica e geométrica.

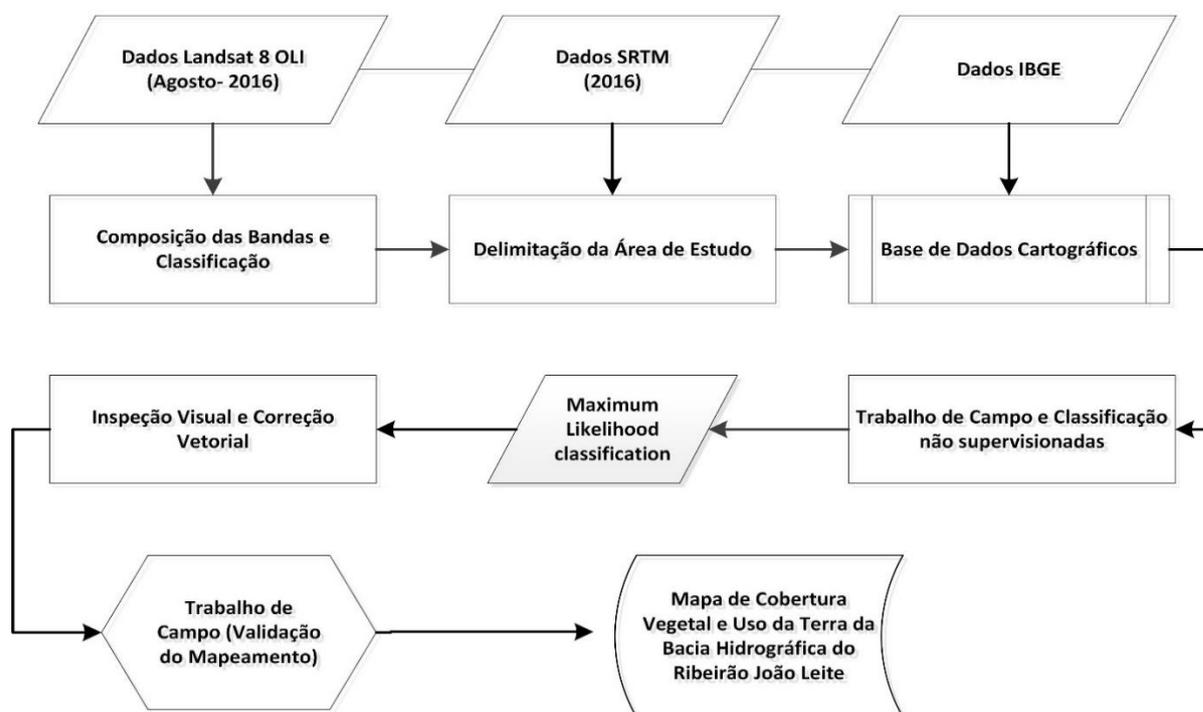
Na imagem adquirida, realizaram-se os procedimentos de composição coloria das Bandas 6, 5 e 4 para, em seguida, realizar a fusão com a banda PAN (tons de Cinza) de 15 m de resolução espacial com outras bandas multiespectrais (coloridas) de 30 m. Assim, a resolução espacial final foi 15 m entre a banda pancromática e as bandas multiespectrais, realce, equalização e mosaico das imagens, resultando no produto final com resolução espacial de 15 m. Além disso, foi realizada uma classificação não supervisionada por meio da ferramenta *Iso Cluster/Maximum Likelihood Classification*. Neste tipo de classificação, as classes foram

determinadas pela análise de agrupamentos, na qual os *pixels* foram classificados com base nos valores dos níveis de cinza. Em seguida, a imagem foi reprojeta para os sistemas UTM (coordenadas planas) Datum SIRGAS 2000 (fuso 22S) e recortada para o limite da bacia hidrográfica do ribeirão João Leite.

Como etapa complementar aos dados obtidos pela imagem Landsat -08 para validação do mapeamento, foram realizadas visitas de campo por meio das quais foram coletados pontos de coordenadas SIRGAS 2000 (fuso 22S) utilizando-se receptores *Global Positioning System* (GPS), além da realização de diversas fotos para cada ponto visitado. Os detalhes de vegetação e uso da terra foram anotados em cadernetas de campo e utilizados como orientação na construção do mapa.

Em uma terceira etapa, foi realizada uma pós-classificação (inspeção visual e correção vetorial) que teve como objetivo uniformizar os temas, ou seja, eliminar pontos isolados, classificados diferentemente de sua vizinhança, bem como corrigir possíveis erros. Já para validação do mapeamento, utilizou-se 100 pontos de controle das principais classes de uso e cobertura da terra, coletados em campo com GPS, permitindo gerar uma estatística de validação com exatidão global (*overall accuracy*).

Todos os procedimentos metodológicos envolvidos neste estudo são detalhados no fluxograma mostrado na Figura 2.



**Figura 2.** Fluxograma que sumariza as etapas dos procedimentos metodológicos envolvidos no estudo

## 2.5. Análise morfométricas e sua rede de hidrográfica

Para a análise morfométrica utilizou-se técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, as quais foram responsáveis para o levantamento das informações necessárias, tais como, área total, perímetro, número e comprimento de canais entre outros. Os parâmetros morfométricos utilizados neste estudo foram ponderados e selecionados a partir das proposições de Horton (1945), Stralher (1952) e Christofolletti (1980), conforme sumarizadas no Quadro 1. De posse dos dados utilizou-se de *software* de planilhas eletrônicas para tabulação e posteriormente o mesmo computou as variáveis conforme cada fórmula.

**Quadro 01.** Parâmetros morfométricos utilizados no presente estudo.

Parâmetros	Breve descrição	Cálculo
Amplitude Altimétrica Máxima	Diferença entre a maior e a menor altitude do canal principal.	$\Delta H = H_{max} - H_{min}$ , onde $H_{max}$ : altitude máxima e $H_{min}$ : Altitude mínima
Razão de relevo	Relação entre a amplitude altimétrica e o comprimento do canal principal, indicando o desnível entre nascente e foz	$R_r = \Delta H/L_p$ , onde $L_p$ e o Comprimento do canal principal.
Frequência (Densidade) Hidrográfica	Comparar a frequência de canais fluviais por área de medida.	$D_n = N/A$ , onde N: Número total de cursos de água e A: é a Área da bacia considerada.
Densidade de drenagem (Dd)	Relação entre distancia total dos canais e a área da bacia.	$D_d = L/A$ , onde L é o Comprimento total dos cursos de água. A: é a Área da bacia considerada.
Índice de Circularidade (Ic)	Compara a área da bacia com um círculo cuja circunferência é igual a um ao perímetro da bacia.	$I_c = A/A_c$ , onde A: Área da bacia considerada, $A_c$ : Perímetro.
Índice de Compacidade (kc)	Relação entre o perímetro P da bacia e a área da bacia A.	$K_c = 0,28(P/\sqrt{A})$ (m/m <sup>2</sup> )

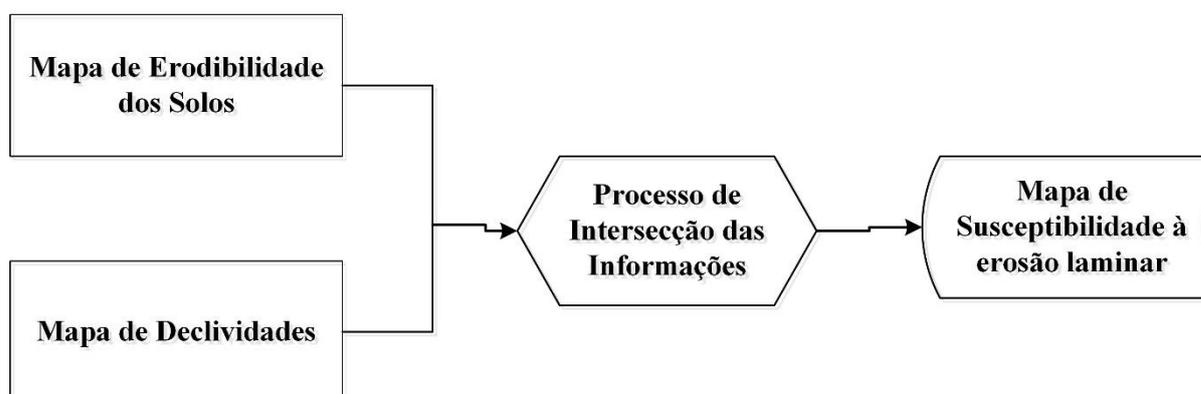
Para determinação das altitudes do canal fluvial principal e confecção do perfil longitudinal, inicialmente utilizou-se a ferramenta *Data Management Tools* → *Features Class*

→ *Create Random Points* do *software* ArcGis 10.1, gerando pontos equidistantes de 10 m (no formato .shp) ao longo de todo o curso principal do ribeirão João Leite. Para extração das altitudes correspondentes fez-se uso da ferramenta *3D Analyst Tools* → *Functional Surface* → *Add Surface Information* que, a partir da intersecção do arquivo de pontos com a imagem de radar ALOS PALSAR com resolução espacial de 12,5 m, permitiu a execução da extração da altitude correspondente a cada um.

Para auxiliar a inspeção da vetorização, em um primeiro momento foram utilizados como dados auxiliares o i) arquivo de drenagem na escala de 1:100.000, disponibilizado no *site* do Sistema Estadual de Estatísticas e de Informações Geográficas de Goiás (SIEG); ii) o arquivo de massa d'água do mapa urbano básico digital de Goiânia; iii) o modelo digital de terreno (ALOS PALSAR com resolução espacial de 12,5 m) e iv) as imagens de satélite Landsat 08 OLI e o *software* gratuito *Google Earth*.

## 2.6. Susceptibilidade à erosão laminar

Para a avaliação da susceptibilidade à erosão do terreno da área de estudo, optou-se pela metodologia apresentada por Salomão (1992), também adotada pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Segundo a orientação desta proposta metodológica, a susceptibilidade à erosão em uma dada área pode ser avaliada com base na intersecção dos dados qualitativos acerca da erodibilidade relativa dos solos com os dados quantitativos da inclinação das rampas representadas no terreno por faixas de declividade, conforme pode ser observado na Figura 3.



**Figura 3.** Metodologia utilizada para a elaboração do mapa de susceptibilidade à erosão laminar na bacia hidrográfica do ribeirão João Leite, Goiás, Brasil. Fonte: Adaptada de Salomão (1992).

Por meio do mapa de pedologia, realizou-se o agrupamento das classes de solo que apresentavam comportamento erosivo relativamente semelhante. A Tabela 3 apresenta as classes de erodibilidade relativa para diferentes classes de solo. Para a obtenção do mapa de erodibilidade relativa dos solos, foi utilizado o mapa de solos produzido por Oliveira (1996), na escala de 1:50.000.

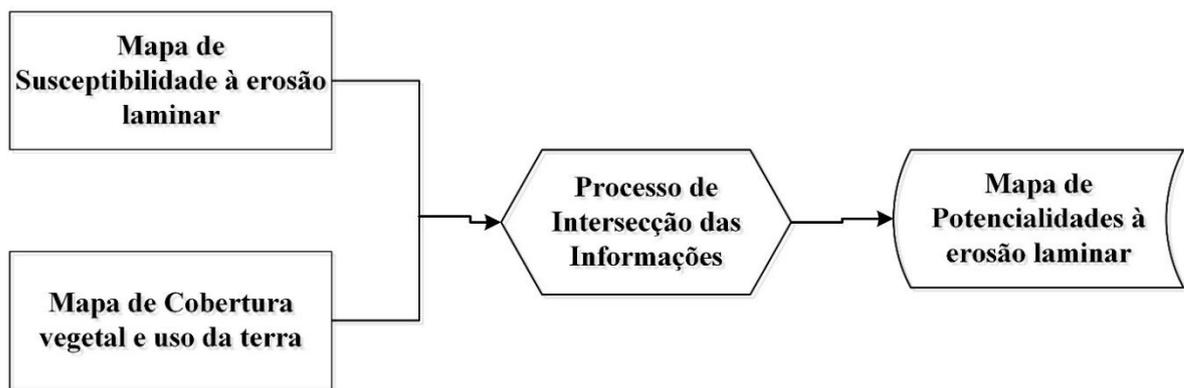
**Tabela 3.** Informações sobre a determinação das classes de erodibilidade com base no tipo de solo.

<b>Classes de erodibilidade</b>	<b>Índices de erodibilidade relativa</b>	<b>Classes de solo</b>
E1	8,1 a 10	Neossolo Quartzarênico, Cambissolo, Neossolo Litólico, Plintossolos e Argissolos de textura arenosa / média abruptos.
E2	6,1 a 8	Latossolo Amarelo, Argissolos de textura média argilosa.
E3	4,1 a 6	Latossolo Vermelho-Amarelo, Argissolos de texturas argilosas.
E4	2,1 a 4	Latossolo Vermelho e Nitossolo.
E5	0 a 2	Gleissolo.

**Legenda:** (E) erodibilidade. Fonte: Adaptada de Salomão (1999).

## 2.7. Potencialidade para erosão laminar

Os procedimentos metodológicos adotados para a elaboração do mapa de potencialidade para erosão laminar basearam-se na intersecção do mapa de susceptibilidade à erosão laminar com o mapa de cobertura vegetal e uso do solo (Figura 4). Tal procedimento também foi baseado na metodologia discutida por Salomão (1992).



**Figura 4.** Metodologia para elaboração do mapa de potencialidade para erosão laminar.  
 Fonte: Adaptada de Salomão, 1992.

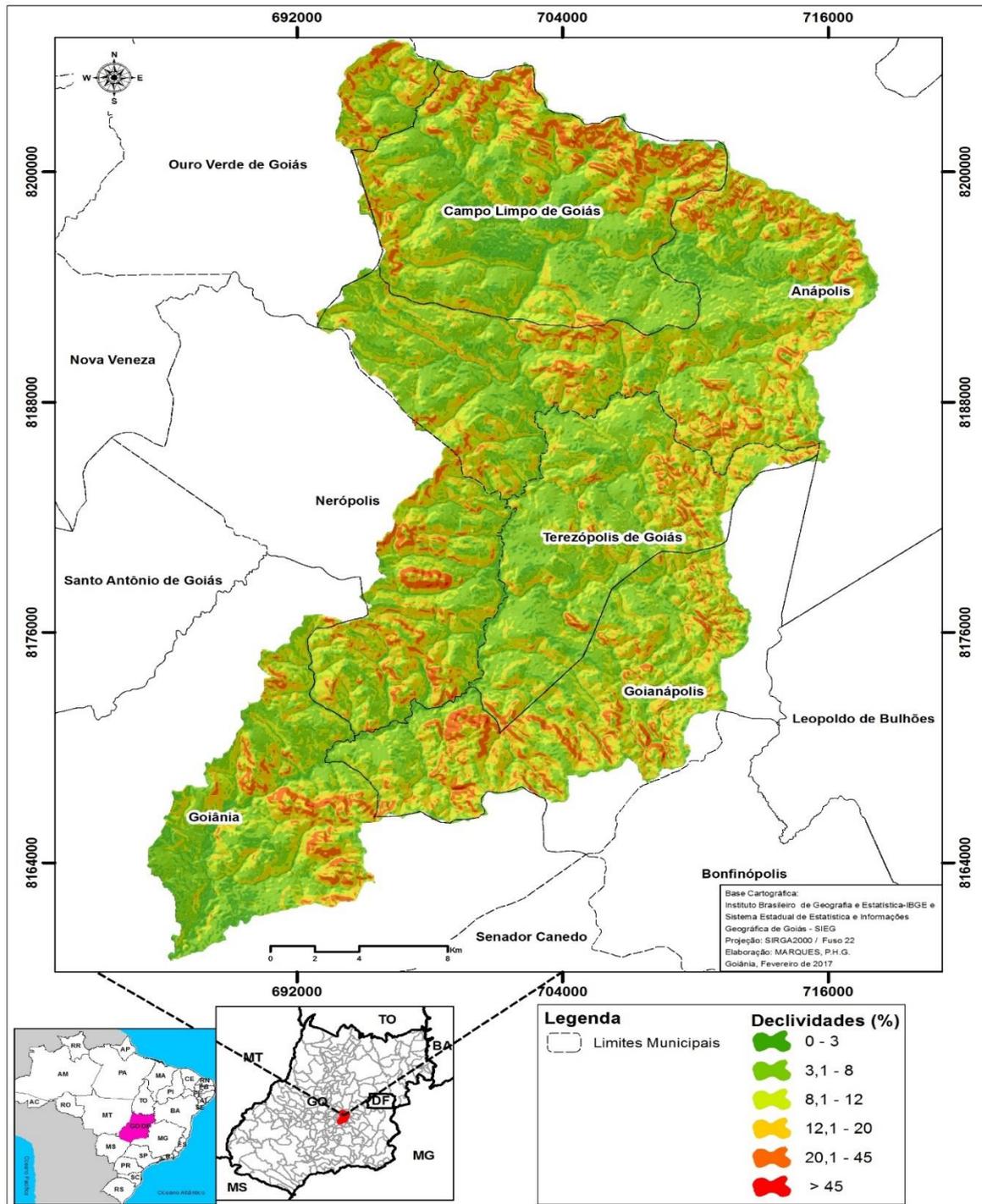
### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Mapa declividade e hipsometria

Por meio da análise do mapa de declividade (Figura 5) da bacia hidrográfica do ribeirão João Leite, pode-se concluir que a área da bacia apresenta grande diversidade clinográfica e, em geral, as maiores declividades estão presentes nos divisores de águas (espigões). Há também grande concentração de áreas declivosas no extremo limite norte da bacia, formando uma faixa que abrange os municípios de Campo Limpo de Goiás e Anápolis.

Essas áreas de declividade acentuada que ainda sustentam remanescentes de vegetação nativa também são consideradas inibidoras da expansão urbana na bacia. Observa-se que a maioria das áreas urbanas se encontra em relevo plano a suave ondulado (0% - 8%) e são limites de expansão da malha urbana dos municípios de Goiânia e Anápolis.

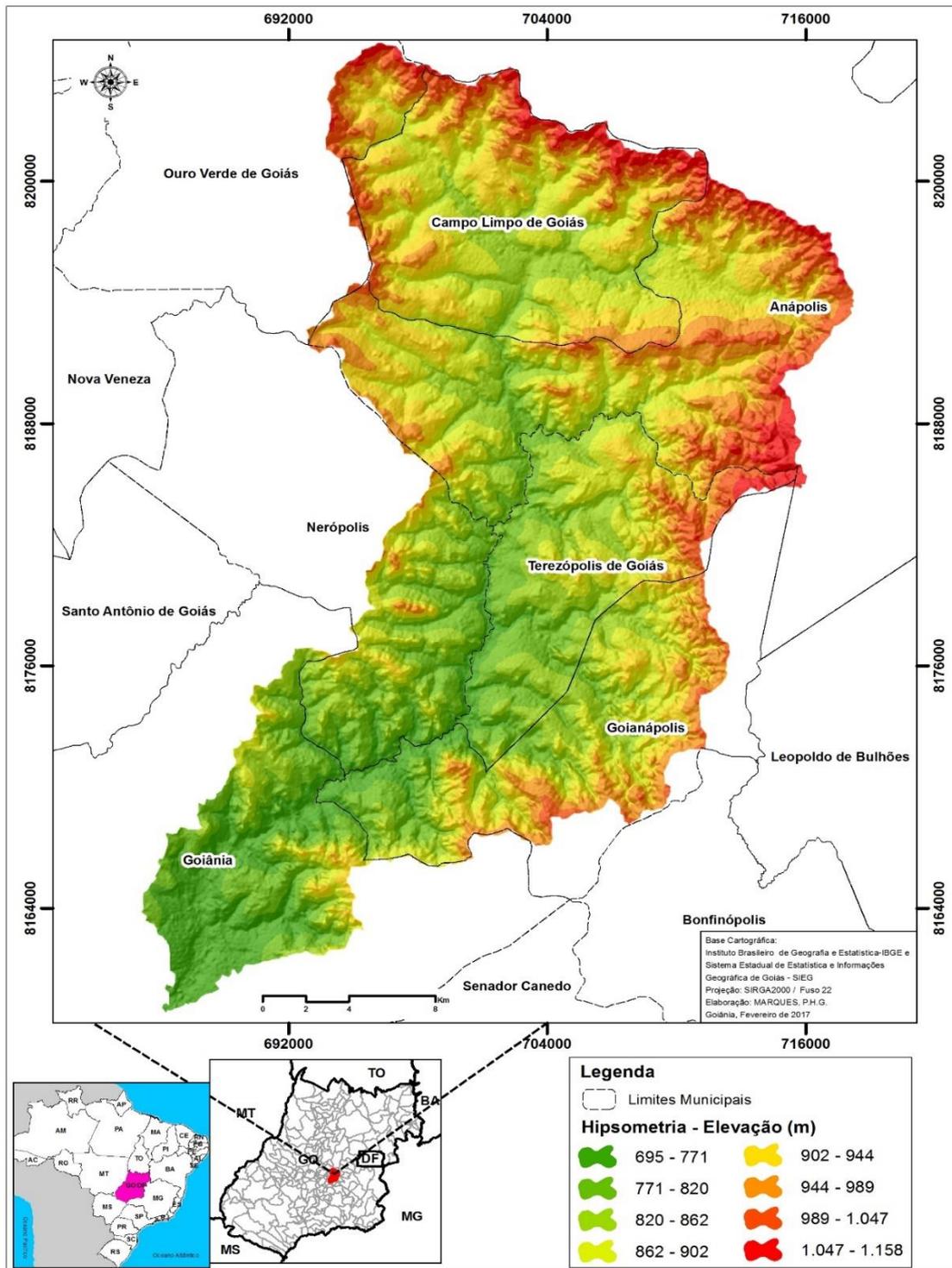
De acordo com Moreton (1994) além disso, identificamos que a área da bacia se encontra em uma superfície regional de aplainamento de regime denudacional, com cotas entre 965 e 1.156 m acima do nível do mar. Com exceção de pequenas faixas da suíte Jurubatuba, predominam rochas do Complexo Granulítico Anápolis-Itauçu, que variam entre rochas ortoderivadas, paraderivadas e formações supracrostrais e litologia de classe sedimentar, ígnea e metamórfica (Gondito, Gnaisse, Mármore, Metatonalito, Metagrânito, Metapixonexito, Serpentinó, Metagabro).



**Figura 5.** Mapa de declividade gerado no presente estudo relativo à bacia hidrográfica do ribeirão João Leite, Goiás, Brasil.

No mapa hipsométrico gerado no presente estudo (Figura 6), são apresentadas, em faixas de intervalos numéricos, as altitudes do terreno em relação ao nível do mar. Com o auxílio deste tipo de mapa, foi possível constatar a diferença de elevação entre porções do espaço na área de estudo, podendo-se inferir algumas características relacionadas à forma do relevo e ao modo como ocorre a drenagem fluvial. Neste mapa, há uma escala de cores

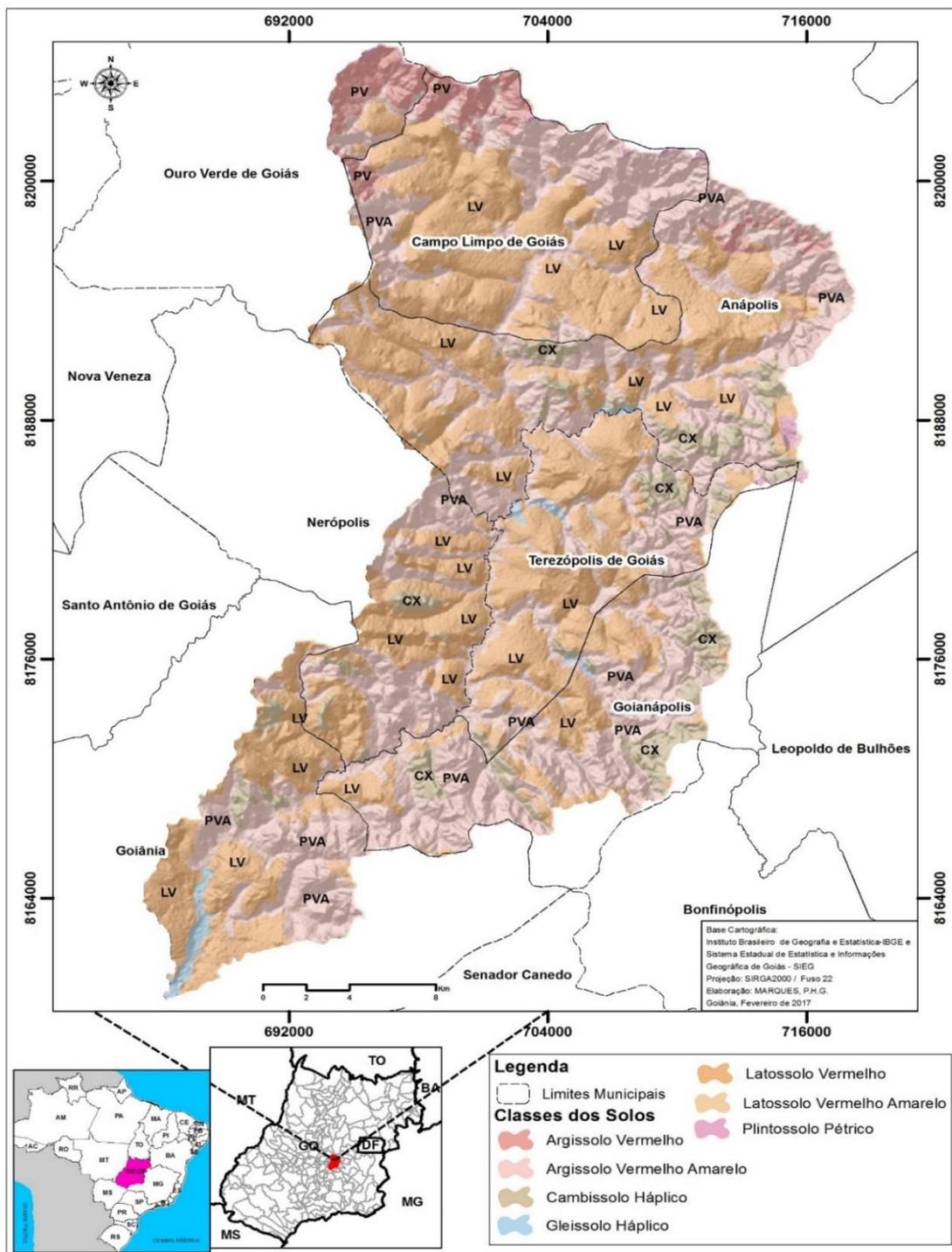
“quentes” e “frias” que parecem estar próximas ou distantes do olho de quem visualiza e o uso de sombras promove a apreensão dos cortes no relevo e das mudanças bruscas de declividade.



**Figura 6.** Mapa hipsométrico gerado no presente estudo relativo à bacia hidrográfica do ribeirão João Leite, Goiás, Brasil.

### 3.2. Mapa de solos

Na bacia hidrográfica do ribeirão *João Leite* observamos a ocorrência de grande variedade de solos. Predomina o Latossolo Vermelho Distrófico, de textura argilosa, que se assenta, preferencialmente, sobre relevos suavemente convexos de declividades amenas (Figura 7 e Tabela 4).



**Figura 7.** Mapa de solos gerado no presente estudo relativo à bacia hidrográfica do ribeirão João Leite, Goiás, Brasil.

**Tabela 4.** Classes de solo da bacia hidrográfica do ribeirão João Leite (Goiás, Brasil) e suas respectivas áreas.

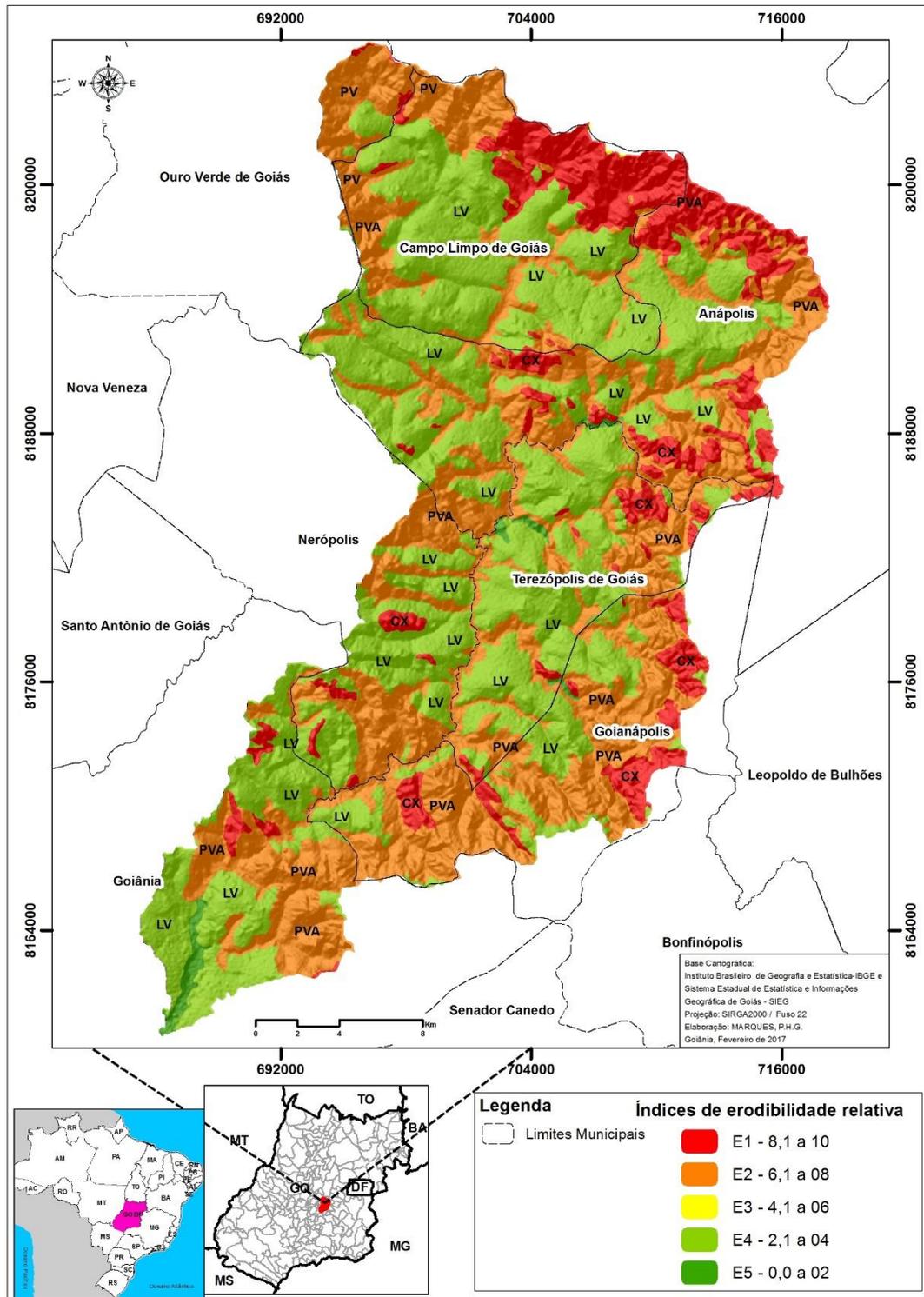
<b>Classes de solo</b>	<b>Área (hectares)</b>	<b>(%)</b>
Argissolo Vermelho	2.782,27	3,65
Argissolo Vermelho-Amarelo	32.460,84	42,61
Cambissolo Háptico	4.830,83	6,34
Gleissolo Háptico	599,42	0,79
Latossolo Vermelho	35.170,22	46,16
Latossolo Vermelho-Amarelo	17,42	0,02
Plintossolo Pétrico	328,61	0,43
<b>Total</b>	<b>76.189,61</b>	<b>100</b>

Na parte norte, onde o relevo se apresenta mais movimentado e com declividades mais acentuadas, predomina o Argissolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho que também recobre áreas mais elevadas e aguçadas em outras partes da bacia. Os Latossolos Vermelhos em particular (que predominam na área de estudo – 46,16%) são, em geral, profundos, com constituição mineral e de boa drenagem, muito intemperizados, com baixa fertilidade natural, razoável resistência à erosão superficial e grande uniformidade de características ao longo do perfil. Na área de estudo, esses solos ocorrem nas chapadas e chapadões, evoluídos ora a partir de sedimentos da cobertura terciária-quadernária detrítico-laterítica (TQdl), que recobrem os chapadões, ora de sedimentos retrabalhados que recobrem litologias pré-cambrianas. Além disso, tais solos são muito importantes na área, pois cobrem 46% da área total da bacia e apresentam elevado potencial agropecuário condicionado pela ausência de impedimentos físicos à mecanização (relevo de baixa declividade e boa permeabilidade). Requerem o uso de corretivos químicos, sendo suscetíveis a compactações mecânicas efetuadas desde o preparo até o cultivo. Por outro lado, os Argissolos Vermelho-Amarelos estão presentes em toda a bacia hidrográfica, ocupando 42,61% da área total da bacia hidrográfica (vide Tabela 4). A presença do horizonte B textural de menor permeabilidade condiciona uma maior vulnerabilidade à erosão superficial (em sulcos e laminar), o que é agravado por sua ocorrência em declives acentuados, de relevos caracterizados como ondulados e fortemente ondulados.

Segundo Oliveira (1996), estes solos apresentam boa fertilidade natural, o que lhes confere o caráter eutrófico. No entanto, a presença de cascalhos constitui um fator limitante à

plena utilização agrícola; também o relevo declivoso dificulta a mecanização agrícola, assim o uso mais comum deste tipo de solo é a formação de pastagem.

Por meio de agrupamento das classes de solos, gerou-se o mapa de erodibilidade relativa figura 8 e tabela 5.



**Figura 8.** Mapa de Índice de Erodibilidade Relativa gerado no presente estudo relativo à bacia hidrográfica do ribeirão João Leite, Goiás, Brasil.

**Tabela 5.** Índice de Erodibilidade Relativa bacia hidrográfica do ribeirão João Leite (Goiás, Brasil) e suas respectivas áreas.

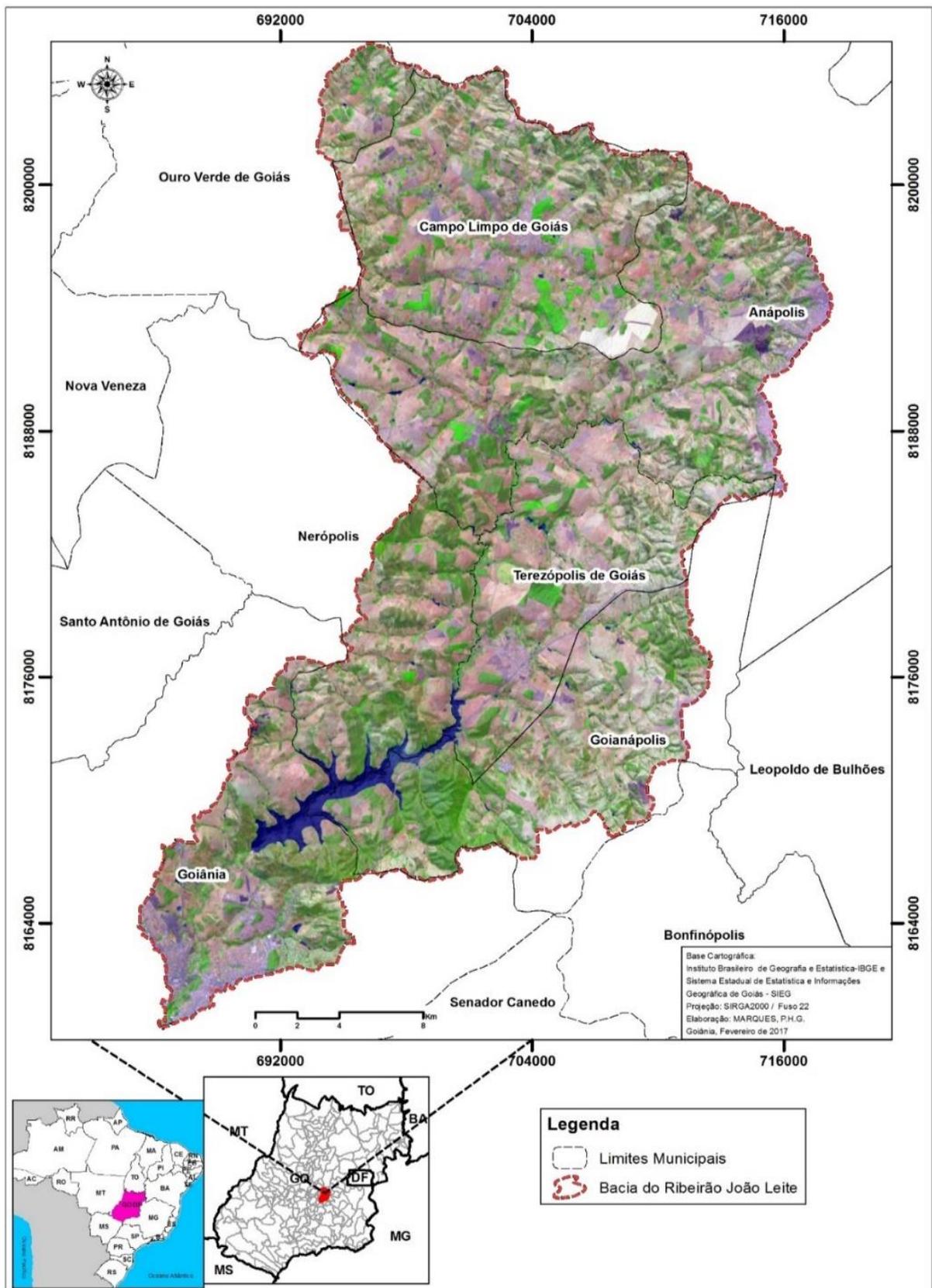
<b>Classes de erodibilidade</b>	<b>Índices de erodibilidade relativa</b>	<b>Área (hectares)</b>	<b>(%)</b>
E1	8,1 a 10	9.886,71	12,98
E2	6,1 a 8	30.970,26	40,65
E3	4,1 a 6	16,97	0,02
E4	2,1 a 4	34.714,58	45,56
E5	0 a 2	599,73	0,79
<b>Total</b>		<b>76.188,26</b>	<b>100</b>

A porção norte, é agravado por sua ocorrência com declives acentuados, de relevos caracterizados como ondulados e fortemente ondulados, predomina o índice de erodibilidade relativa E1 e E2 o que representa 53,63% área de estudo, também recobre outras partes da bacia. Além disso, temos E4 e E5 o que representa 46,35% na área de estudo. Essas áreas muito importantes e apresentam elevado potencial agropecuário, pois apresenta o relevo de baixa declividade e boa permeabilidade.

### **3.2. Mapa da cobertura vegetal e uso do solo**

Após procedimento metodológico, teve como resultado a imagens representada na Figura 9. Logo em seguida, a imagem foi reprojeta para os sistemas UTM (coordenadas planas) Datum SIRGAS 2000 (fuso 22S) e recortada para o limite da bacia hidrográfica do ribeirão João Leite.

Para validação do mapeamento de uso e cobertura da terra, utilizou-se 100 pontos de controle das principais classes de uso e cobertura da terra, coletados em campo com GPS, tidos como verdade, foi possível gerar uma estatística de validação com exatidão global (*overall accuracy*) de aproximadamente 90% (Quadro 2). Porém, sendo que a classe “Área úmida” apresentou a maior porcentagem de acerto na classificação, com todos os seis pontos amostrais identificados corretamente, por sua vez, apresenta certa confusão as áreas de pastagens, vegetação, agricultura e florestamento, as quais mesmo assim não apresentaram acurácia por classe menor que 83% cada.



**Figura 9.** Mapa das Imagens satélite Landsat-8 OLI referente à bacia hidrográfica do ribeirão João Leite, Goiás, Brasil.

**Quadro 2:** Avaliação das Classes do Mapa de Uso e Cobertura da Terra por meio de dados de campo.

	Classes Avaliadas				
	Pastagem	Agricultura	Vegetação	Florestamento	Área Úmida
Total de pontos coletados	32	20	30	12	6
Validação positiva	29	17	27	10	6
Acurácia por classe	90,63%	85,00%	90,00%	83,33%	100,00%
<b>Overall Accuracy</b>			<b>89,79%</b>		

O mapa de cobertura e uso da terra (2016), quando avaliado utilizando como referência 100 pontos adquiridos em campo, apresentou uma exatidão global de aproximadamente 89,79% (Quadro 2), sendo que a classe “Área úmida” apresentou a maior porcentagem de erro na classificação, com todos os três pontos amostrais identificados erroneamente como vegetação, a qual, por sua vez, também apresenta certa confusão com as áreas de pastagens. Quanto à classe “Agricultura”, esta apresentou exatidão próxima a 85%, tendo sido confundida principalmente com as áreas de pastagens.

Tais resultados indicam o nível de detalhe e acurácia da metodologia empregada na construção do mapa 2016, sendo que em torno de 90 e 85% dos pontos colhidos sobre as áreas de pastagens e vegetação, respectivamente, foram validados positivamente. Em contrapartida, apenas 70% dos pontos de áreas cultivadas foram validados. Tal fato pode ser em parte atribuído ao caráter circunstancial da agricultura na região, sendo comum a interrupção da produção ou sua substituição por pastagens.

Com base nos dados apresentados na Tabela 6 e no mapa de cobertura e uso do solo (Figura 10), foi possível observar que a bacia hidrográfica do ribeirão João Leite apresenta um elevado índice de conversão de áreas naturais para uso antrópico que atinge 73% de sua área total.

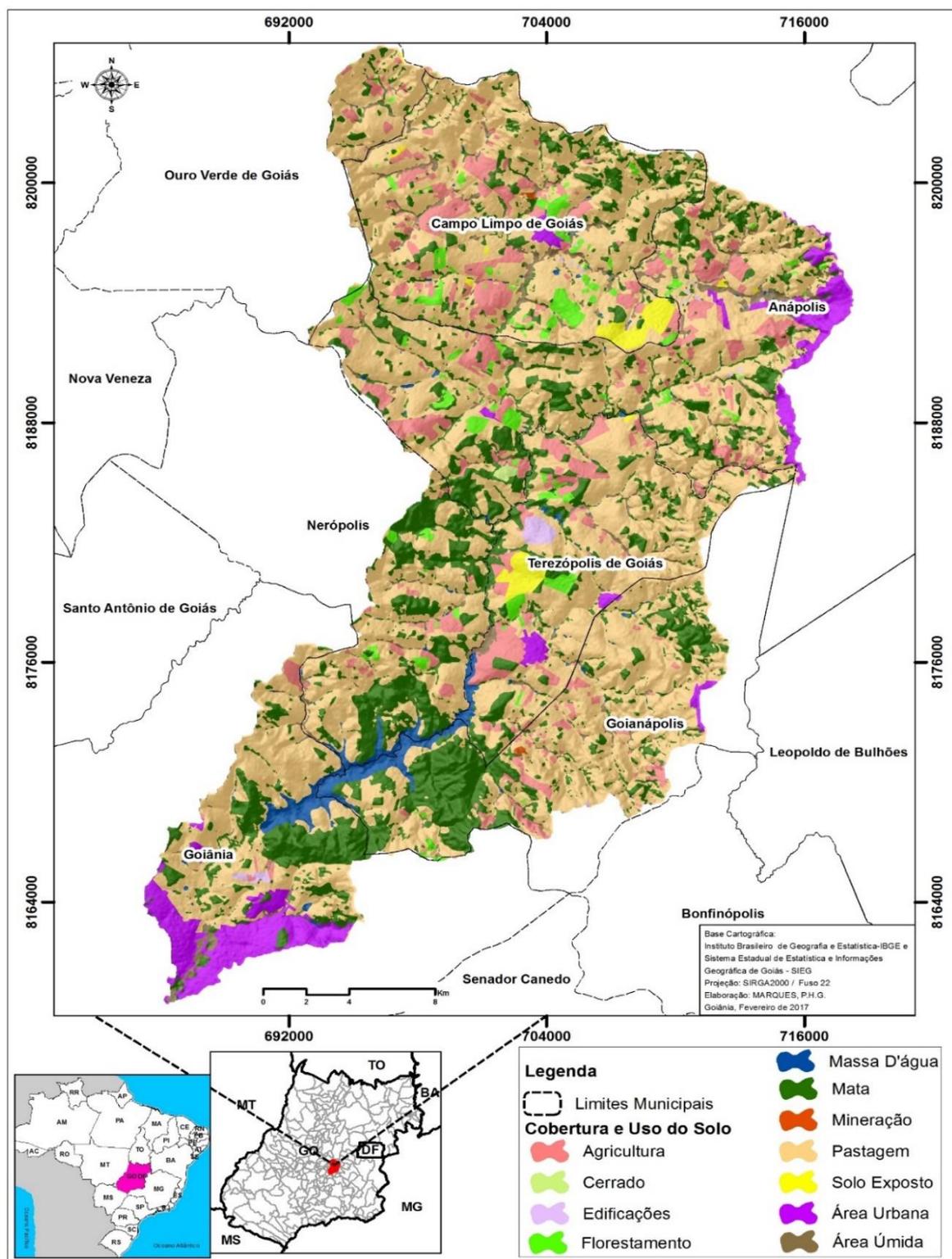
As áreas de pastagem representam a classe de cobertura e uso do solo predominante na Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite, com 43.280 ha, representando 56,81% da área total. Já as áreas ocupadas por agricultura concentram-se principalmente nas porções central e norte da bacia, mais precisamente nos municípios de Nerópolis, Teresópolis, Anápolis e Campo Limpo (GO). Em termos de área, esta classe ocupa 8,23% da bacia. Basicamente se cultivam aqui culturas anuais, hortaliças e frutíferas, que são comercializadas, sobretudo, nas Centrais de Abastecimento de Goiás S.A (CEASA-GO), cuja sede está instalada na capital Goiânia.

**Tabela 6.** Uso e cobertura do solo na bacia hidrográfico do ribeirão João Leite (2016), Goiás, Brasil.

Classe	Área (km <sup>2</sup> )	Área (ha)	(%)
Agricultura	62,72	6.272,42	8,23
Área Úmida	20,56	2.055,55	2,70
Área Urbana	34,89	3.488,76	4,58
Cerrado	0,74	73,99	0,10
Edificações	2,86	285,66	0,37
Florestamento	17,65	1.764,71	2,32
Massa D'água	14,55	1.455,30	1,91
Mata	166,56	16.656,20	21,86
Mineração	0,34	34,28	0,04
Pastagem	432,80	43.280,38	56,81
Solo Exposto	8,23	823,49	1,08
<b>TOTAL</b>	<b>761,91</b>	<b>76.190,77</b>	<b>100</b>

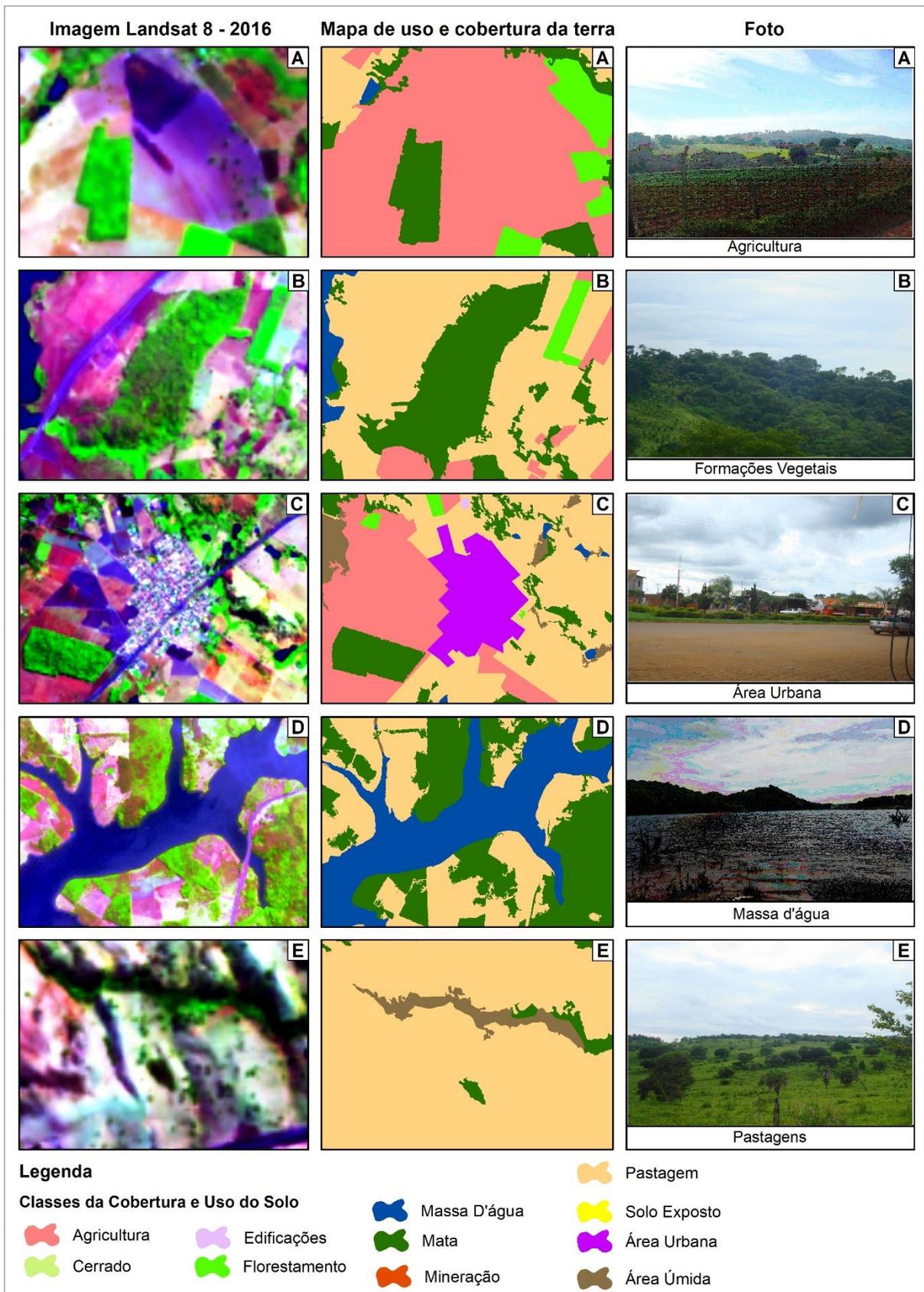
As áreas urbanas correspondem a 4,58% da bacia, sendo as principais áreas representadas pelas cidades de Goiânia e Anápolis. As áreas florestadas (cultivo de eucaliptos) ocupam 1.764,71 hectares, o que representa 2,32% da bacia. Esta atividade é implantada em alguns locais para atender à exigência de reserva legal e, em outros, com intuito comercial, principalmente para suprir as demandas de madeira para abastecer os fornos de várias olarias situadas nos municípios de Anápolis e Campo Limpo de Goiás.

Quanto às áreas úmidas, estas representam 2,70% da bacia, as quais exercem um papel fundamental no ciclo hidrológico fazendo a retenção de água da região onde se localizam. Porém, na Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite, grande parte dessas áreas, particularmente no município de Anápolis, está sendo destruída pela extração de argila para atender a demandas do setor ceramista. Já em relação às áreas de vegetação natural remanescente, estas totalizam 22,1% da bacia. Predomina a classe com características florestais, representada na legenda do mapa como mata. De forma expressiva, observam-se algumas áreas de mata conservadas na cabeceira da bacia, na porção central e próximo ao lago da barragem do João Leite, sendo grande parte pertencente ao Parque Ecológico de Preservação Ambiental e Florestal Altamiro de Moura Pacheco, fundado em 1992. Nas demais áreas da bacia, o mapa mostrou que restam pequenos fragmentos de vegetação nativa, além de poucas áreas de vegetação remanescente nas margens dos cursos d'água (SOUSA et al., 2013).



**Figura 10.** Mapa de cobertura e uso do solo da bacia hidrográfica do ribeirão João Leite, Goiás, Brasil.

Como base nos trabalhos de campo, efetivou-se a validação do mapa de uso, conforme pode ser observado na Figura 11, o que permitiu observar diferentes classes de uso e suas respectivas paisagens.

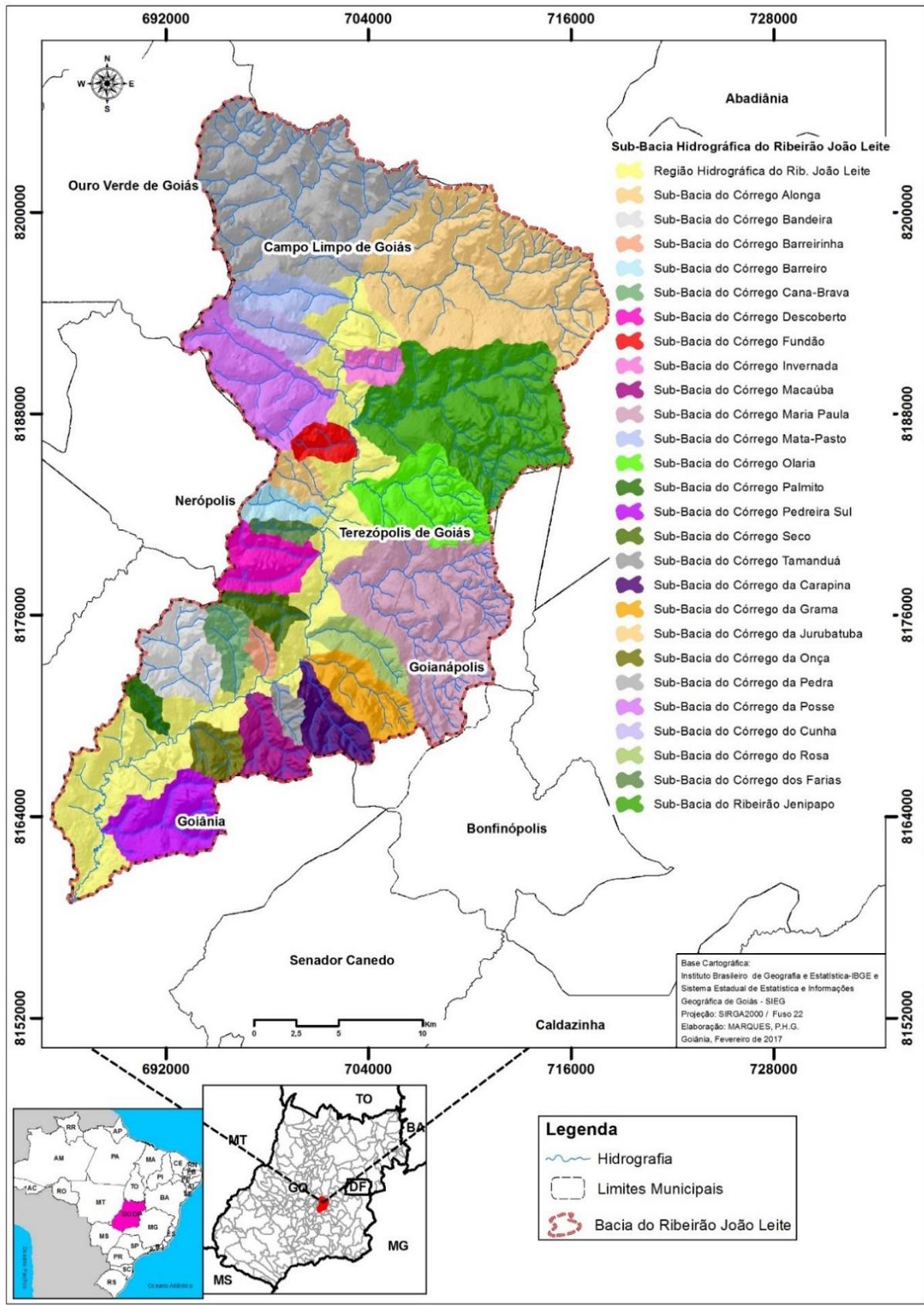


**Figura 8.** Principais coberturas superficiais encontradas na bacia hidrográfica do Ribeirão João Leite (Goiás, Brasil) e suas respectivas paisagens.

### **3.3 Mapa da rede hidrográfica e sua morfometria**

Nosso estudo também mostrou que as nascentes do ribeirão João Leite afloram no limite norte da bacia (Figura 12). Seus principais formadores – o Córrego das Pedras, a noroeste, e o Córrego Jurubatuba, a leste – juntam-se um quilômetro a sudoeste da localidade de Campo Limpo de Goiás, formando o curso principal do rio João Leite, com 130 km de extensão. Sua foz encontra-se na junção com o rio Meia Ponte que corta a parte norte da cidade de Goiânia, compondo o complexo hidrográfico da bacia do rio Paraná.

Após percorrer aproximadamente 130 km o ribeirão João Leite deságua no rio Meia Ponte que por sua vez, se estende por 415 km até sua foz, no rio Paranaíba. Na divisa entre os estados de Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e São Paulo, o rio Paranaíba recebe afluência do rio Grande, formando o rio Paraná, que percorre cerca de 2.500 km, unindo-se ao rio Uruguai, na Argentina, originando o rio da Prata (ANA, 2012).



**Figura 9.** Mapa gerado no presente estudo referente à hidrografia do ribeirão João Leite, Goiás, Brasil.

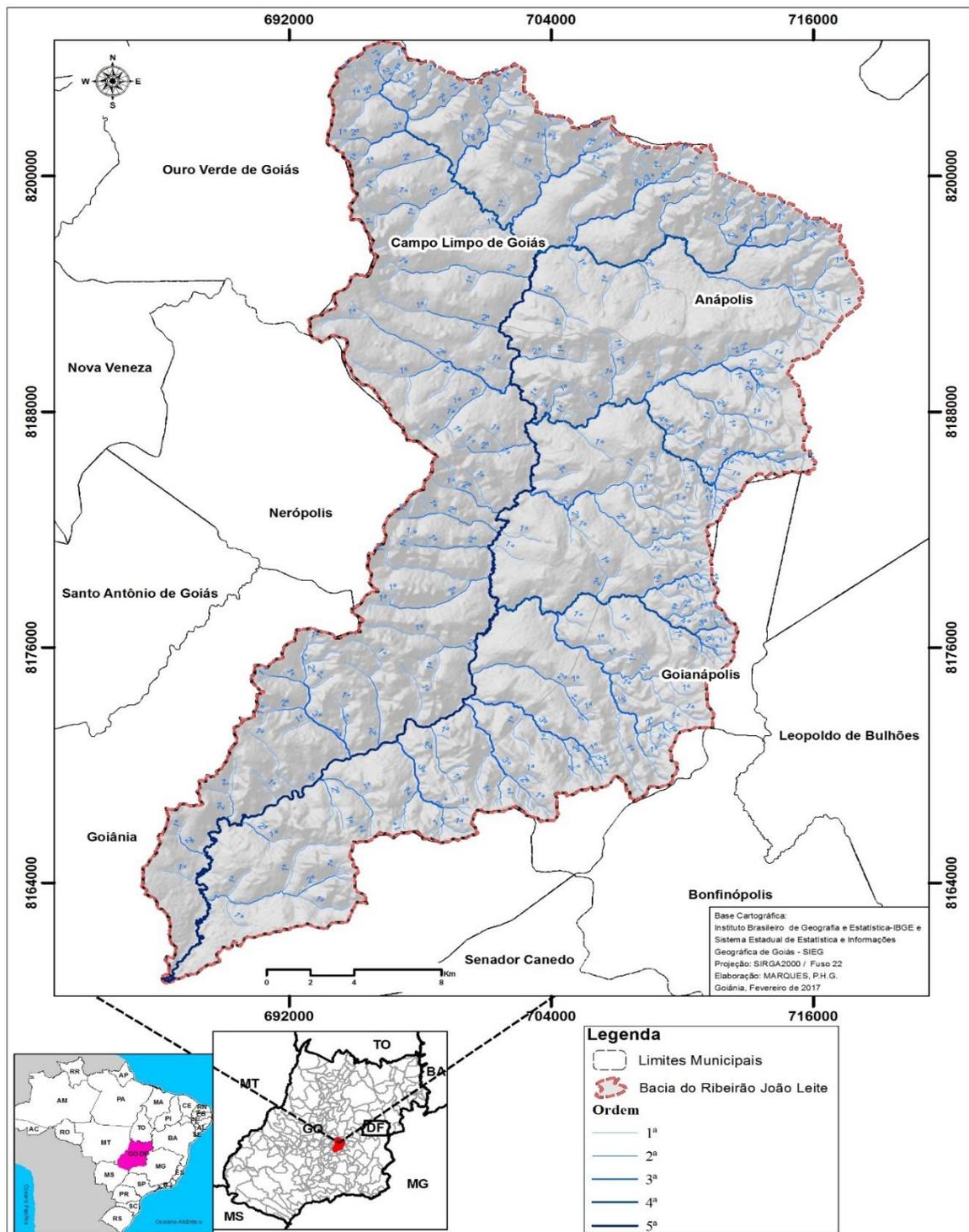
### 3.3.1. Análise morfométrica

Em relação aos aspectos morfométricos a bacia hidrográfica do ribeirão João Leite (BHJL) apresenta área de 761,90 km<sup>2</sup>, sendo o perímetro igual a 178,30 km, tendo um comprimento axial de 49,01 km (Tabela 7).

**Tabela 7.** Dados morfométricos bacia hidrográfica do ribeirão João Leite, Goiás Brasil.

	<b>Características morfométricas</b>	<b>Resultados</b>	<b>Unidade</b>
<b>Geométricas</b>	Área	761,90	km <sup>2</sup>
	Perímetro	178,30	km
	Índice de Circularidade (Ic)	0,30	-
	Índice de Compacidade (kc)	1,81	m.m <sup>2</sup>
	Fator de forma (Ff)	0,32	-
	Frequência Hidrográfica (Dh)	0,43	-
<b>Relevo</b>	Cota máxima da bacia	1150,00	m
	Cota mínima da bacia	684,00	m
	Altitude média	917,00	m
	Índice de sinuosidade (Is)	45,77	km.km <sup>-1</sup>
	Razão de relevo (Rr)	0,0040	m.m <sup>-1</sup>
<b>Rede de drenagem</b>	Cota Máxima do canal	1040,57	m
	Cota Mínima do canal	688,61	m
	Amplitude altimétrica do canal	351,97	m
	Densidade de drenagem (Dd)	0,98	km.km <sup>2</sup>
	Comprimento do canal principal	88,89	km
	Comprimento dos canais de 1ª Ordem	353,63	km
	Comprimento dos canais de 2ª Ordem	186,13	km
	Comprimento dos canais de 3ª Ordem	81,53	km
	Comprimento dos canais de 4ª Ordem	57,77	km
	Comprimento dos canais de 5ª Ordem	70,86	km
	Comprimento Total dos canais	749,92	km
	Nº de Canais de 1ª Ordem	318	-
	Nº de Canais de 2ª Ordem	108	-
	Nº de Canais de 3ª Ordem	30	-
	Nº de Canais de 4ª Ordem	4	-
Nº de Canais de 5ª Ordem	2	-	
Número total dos canais	462	-	

A bacia hidrográfica do ribeirão João Leite, conforme a metodologia de classificação (hierarquia) de drenagem proposta inicialmente por Horton (1945) e alterada por Strahler (1952), é de 5ª ordem, composta por 318 canais de 1ª ordem, 108 de 2ª ordem, 30 de 3ª ordem, 4 de 4ª ordem e 2 de 5ª ordem (Figura 13). Essa ordem obtida reforça que a bacia hidrográfica do ribeirão João Leite é caracterizada como de média a grande em relação a sua drenagem.



**Figura 103.** Hierarquia dos canais da bacia hidrográfica do ribeirão João Leite, Goiás, Brasil.

Analisando os índices obtidos para as variáveis morfométricas, coeficiente de compacidade (1,81), fator de forma (0,32) e índice de circularidade (0,30) a bacia hidrográfica do ribeirão João Leite é alongada, no sentido Nordeste/Sudoeste e pouco circular e, portanto, pouco suscetível a inundações. De acordo com Villela & Mattos (1975), a irregularidade da bacia é diretamente proporcional ao coeficiente de compacidade ( $K_c$ ), sendo maior a irregularidade, maior será este coeficiente. Como este coeficiente que compara a bacia a uma forma de unidade circular, ele possibilita a sugestão de maior ou menor eventos de cheias à medida que se aproxima ou afasta da unidade circular.

A frequência hidrográfica ( $D_h$ ) bacia hidrográfica do ribeirão João Leite equivale a 0,43 canais por  $\text{km}^2$ , ou seja, em cada porção de 2,34  $\text{km}^2$  da bacia há um canal. Tratando-se, portanto, de uma bacia hidrográfica com média densidade hidrográfica, apresentando facilidade das partículas de água que caem na superfície do solo encontrar rapidamente um canal e por ele escoar. Lana et al. (2001) afirmam que se o índice de densidade de drenagem for superior a 2,00 canais por  $\text{km}^2$ , a bacia provavelmente teria boa disposição de originar novos cursos d'água. Christofolletti (1980) discorre que, a avaliação da densidade hidrográfica é importante por conceber como é o comportamento hidrográfico da área em um de suas feições fundamentais, sendo a capacidade de originar novos cursos hídricos. De acordo com Franco & Santos (2015), a relação entre os dois índices ( $D_d > D_h$ ) sugere controle estrutural na bacia.

A densidade de drenagem ( $D_d$ ) obtida neste estudo para a bacia hidrográfica do ribeirão João Leite foi de 0,98  $\text{km.km}^{-2}$ , inferindo que a bacia hidrográfica em análise é caracterizada como de regular. Esta tendência é confirmada pela densidade hidrográfica que apresentou um índice médio (2,34 canais. $\text{km}^{-2}$ ). A categorização da  $D_d$  de uma bacia hidrográfica para Beltrame (1994) incide em:  $D_d < 0,50 \text{ km.km}^{-2}$ , avaliada como pobre, de  $0,5 \leq D_d < 1,5 \text{ km.km}^{-2}$ , caracterizada como regular, de  $1,5 \leq D_d < 2,5 \text{ km.km}^{-2}$ , considerada como boa, de  $2,5 \leq D_d < 3,5 \text{ km.km}^{-2}$ , considerada muito boa e  $D_d \geq 3,5 \text{ km/km}^{-2}$ , como bacias excepcionalmente bem drenadas.

O índice de sinuosidade ( $I_s$ ) da bacia hidrográfica do ribeirão João Leite foi de 47,77  $\text{km.km}^{-1}$ , concluindo que os canais são transicionais e é classificado como sinuoso (Quadro 3). Lana et al. (2001) discorre que a sinuosidade de um canal fluvial é influenciada pela quantidade de sedimentos, pela compartimentação da litologia, estrutura geológica e pela declividade dos canais.

**Quadro 3.** Índices de sinuosidade divididos por classes.

<b>Classe</b>	<b>Descrição</b>	<b>Limites (%)</b>
I	Muito reto	<20
II	Reto	20 a 29,9
III	Divagante	30 a 39,9
IV	Sinuoso	40 a 49,95
V	Muito sinuoso	>50

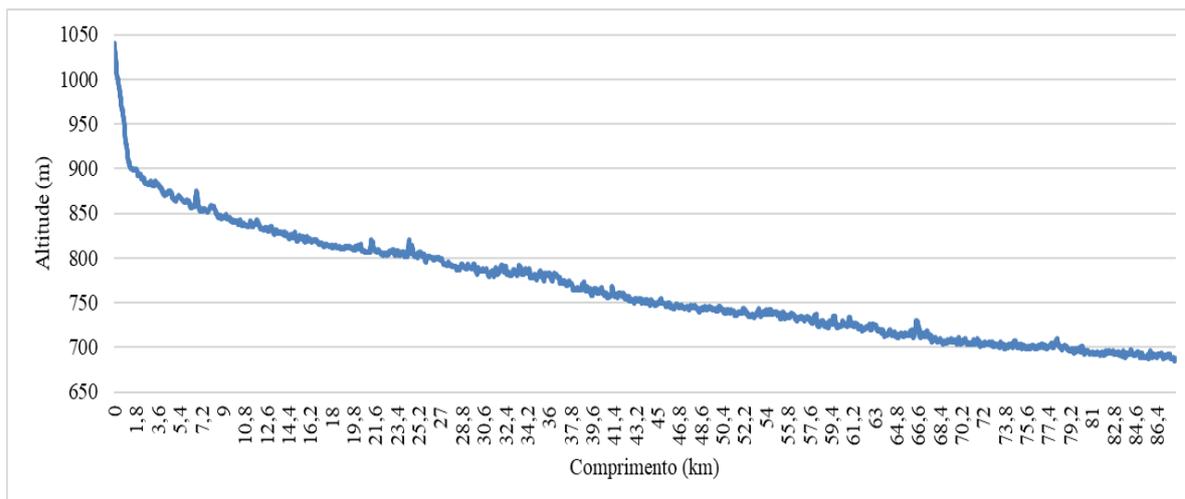
**Fonte:** Marcuzzo (et al. 2012).

A sinuosidade de canal sugere a velocidade de escoamento da água do canal principal. Para Santos et al. (2012) e Alves et al. (2016) quanto maior a sinuosidade, maior será a dificuldade de se atingir o exutório do canal, portanto, a velocidade de escoamento será menor.

Em outro estudo, o da caracterização fisiográfica e morfométrica da bacia do córrego Jataí no município de Jataí (GO), Lopes et al. (2007) encontraram o valor de 1,17 km.km<sup>-1</sup> para o índice de sinuosidade, 36,41% menor que o valor encontrado para a bacia hidrográfica do ribeirão João Leite, sendo o valor considerado baixo pelos autores.

O valor obtido para a razão de relevo (Rr) foi 0,0040 m.m<sup>-1</sup>, sugerindo que essa bacia possui um relevo relativamente suave, reforçando que a bacia hidrográfica do ribeirão João Leite apresenta velocidade baixa de escoamento, colaborando para maior infiltração da água no solo, baixa susceptibilidade a erosão e, conseqüentemente, redução de risco de assoreamento. Schumm (1956) afirma que quanto maior o valor de razão de relevo, maior será o desnível entre a cabeceira e o exutório, em decorrência, maior será a declividade média da bacia, ou seja, a BHSD apresenta um desnível pequeno.

O canal fluvial do ribeirão João Leite percorre aproximadamente cerca de 88,89 km, desde a sua nascente até a sua foz, nascendo em altitude de 1040,57 m e sua foz no rio Meia Ponte a 688,61 m em relação ao nível do mar, representando uma amplitude do canal de 351,97 m, sendo uma amplitude relativamente alta, conforme perfil longitudinal a seguir (Figura 14).



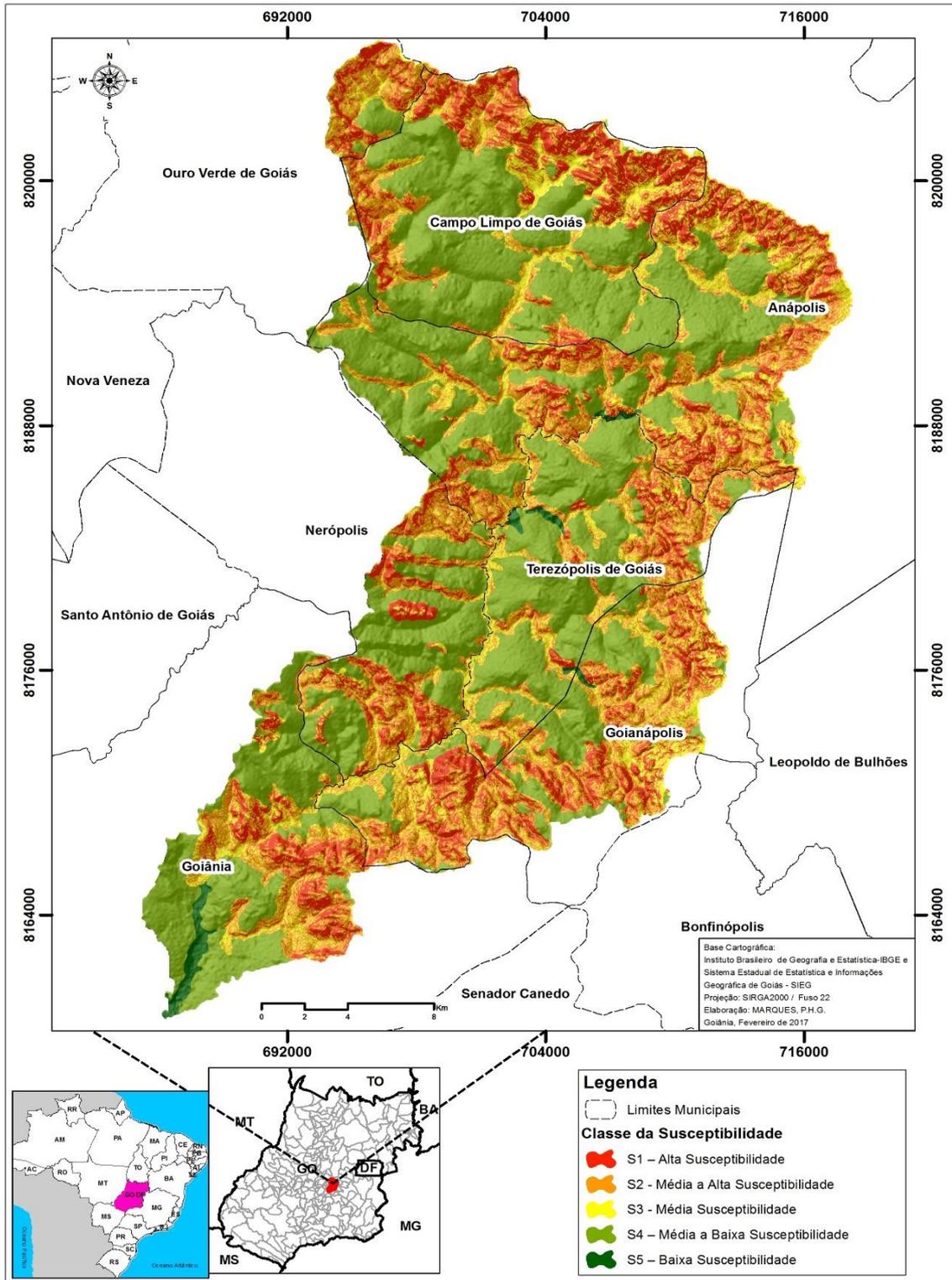
**Figura 14.** Perfil longitudinal do ribeirão João Leite, Goiás Brasil.

### 3.4. Mapa da susceptibilidade à erosão laminar

Obtidos o mapa de erodibilidade relativa dos solos e de declividade, foram utilizadas ferramentas de geoprocessamento para proceder à intersecção dos dois planos de informação, dando origem ao mapa de susceptibilidade à erosão laminar (Figura 15). As classes de susceptibilidade do solo à erosão laminar são apresentadas na Tabela 8 e detalhadas em seguida. Entretanto na Tabela 9 são apresentadas suas respectivas áreas.

**Tabela 8.** Determinação das classes de susceptibilidade à erosão laminar da bacia hidrográfica do ribeirão João Leite, Goiás, Brasil.

Classes de erodibilidade	Classes de isovalores de declividade (%)			
	> 20	12 a 20	6 a 12	0 a 6
E 1	S 1	S 1	S 2	S 2
E 2	S 2	S 2	S 2	S 3
E 3	-	S 3	S 3	S 4
E 4	-	S 4	S 4	S 5
E 5	-	-	S 5	S 5



**Figura 15.** Mapa de susceptibilidade à erosão laminar da bacia hidrográfica do ribeirão João Leite, Goiás, Brasil.

**Tabela 9.** Classes de susceptibilidade à erosão laminar da bacia hidrográfica do ribeirão João Leite, Goiás, Brasil e suas respectivas áreas.

<b>Classes de Susceptibilidade à Erosão Laminar</b>	<b>Área (hectares)</b>	<b>(%)</b>
S1 – Alta Susceptibilidade	11.710,60	15,37
S2 - Média a Alta Susceptibilidade	19.446,77	25,52
S3 - Média Susceptibilidade	9.703,80	12,74
S4 – Média a Baixa Susceptibilidade	34.744,68	45,60
S5 – Baixa Susceptibilidade	582,40	0,76
<b>Total</b>	<b>76.188,26</b>	<b>100,00</b>

**S 1 - Extremamente susceptível:** Apresenta 15,37% da área de estudo e compreende áreas onde predominam os Cambissolos, Argissolos Vermelho-Amarelos e Plintossolos Pétricos, associados a declividades superiores a 12%, com texturas médias/cascalhentas. Esta classe de susceptibilidade predomina na porção norte, de altitudes mais elevadas que marcam o limite norte da bacia; na porção leste, em Argissolos desenvolvidos em relevos de declividades mais acentuadas e em pequenas porções espalhadas no interior da bacia onde Cambissolos ocorrem em relevos de declividade acentuada.

**S 2 - Muito susceptível:** Apresenta 25,52% da área de estudo e abrange áreas com o predomínio de Cambissolos e Plintossolos Pétricos, em relevos com declividades entre 6% e 12%; Argissolos Vermelho-Amarelos associados a declividades que variam de 6% a 20%, ambos com textura média cascalhenta/argilosa. Predomina na porção norte, próxima à classe “S1” nos limites da bacia. Na porção leste, em relevos de declividades mais amenas e com predomínio de Argissolo Vermelho-Amarelo. Ocorre também nas vertentes com declividades entre 6% e 12% ao longo dos canais de drenagem da bacia.

**S 3 - Moderadamente susceptível:** Apresenta 12,74% da área de estudo e está inserida em áreas onde predominam o Argissolo Vermelho-Amarelo e o Argissolo Vermelho, ambos de textura média/argilosa em declividades entre 0% e 6%, e Latossolo Vermelho, associado a declividades que chegam a 12% com a textura variando de média a argilosa. Ocorre principalmente nas vertentes próximas aos canais de drenagem da bacia.

**S 4 - Pouco susceptível:** Apresenta 45,60% da área de estudo e ocorrem nas áreas em que predomina o Latossolo Vermelho associado a declividades que variam de 0% a 12%, de

textura argilosa/muito argilosa. Ocorre em toda a bacia, em relevos planos a suavemente ondulados.

**S 5 – Pouco susceptível a não susceptível:** Apresenta 0,76% da área de estudo e refere-se às áreas mais planas da bacia, onde há o Latossolo Vermelho, de textura argilosa/muito argilosa, que cobre relevos com declividades entre 0% e 6% e os Gleissolos, de textura argilosa, que ocorrem no sul da bacia, com declividades entre 0% e 12%.

### 3.5 Mapa de potencialidade para erosão laminar

De posse do mapa de cobertura e uso do solo, foram agrupadas as classes de uso e cobertura vegetal do solo frente a erosão laminar, assim gerou-se o mapa de atividade antrópica conforme figura 16 e detalhados em seguida nas Tabelas 10 e 11.

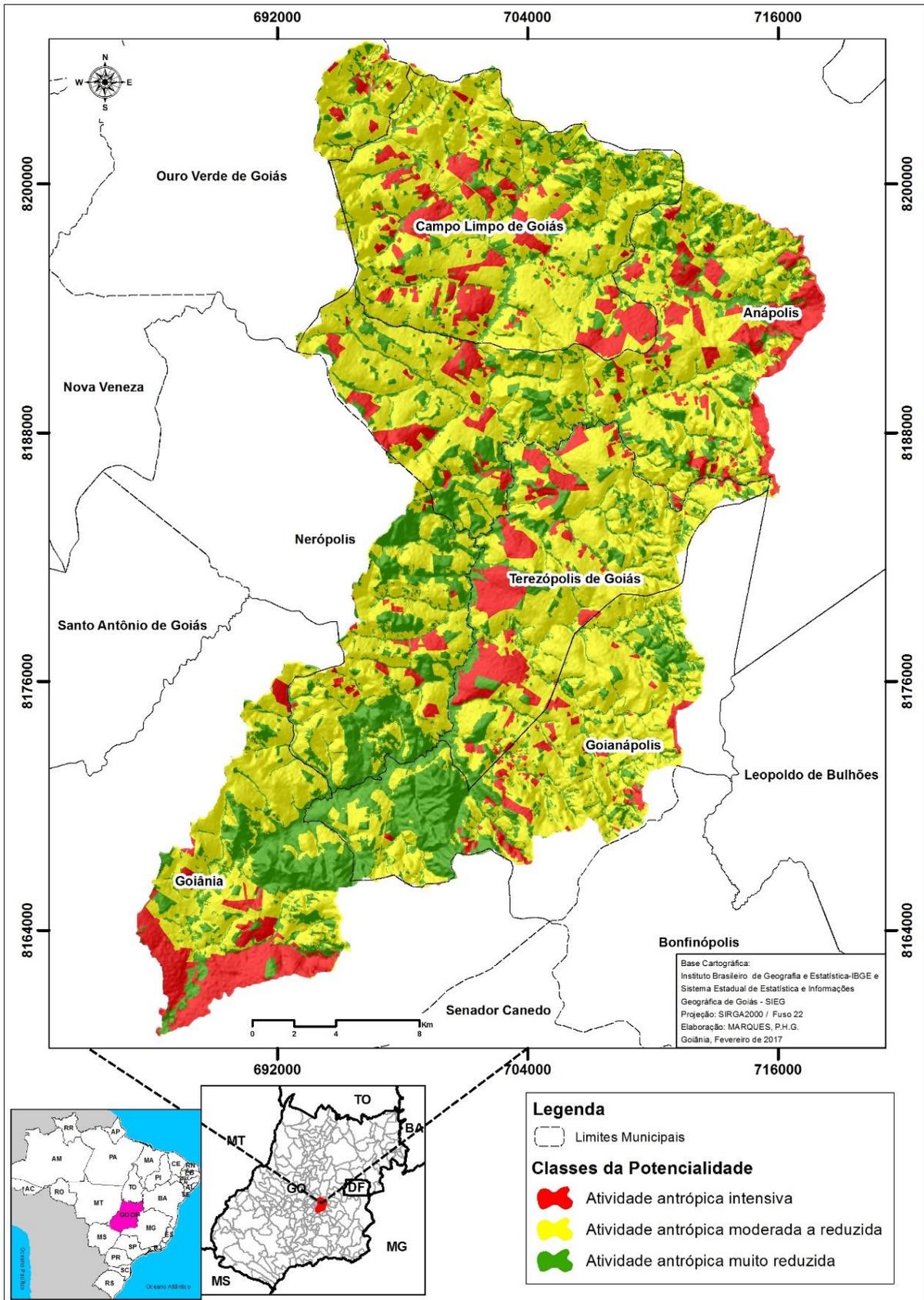
**Tabela 10.** Definição das classes de uso e cobertura vegetal do solo frente a erosão laminar

Classe de uso ante a erosão laminar	Uso do solo / Cobertura vegetal
Atividade antrópica intensiva	Culturas anuais
Atividade antrópica moderada a reduzida	Campos e pastagens
Atividade antrópica muito reduzida	Mata nativa e afloramentos

Fonte: Salomão (1992).

**Tabela 11.** Classes das atividades antrópicas frente à erosão laminar da bacia hidrográfica do ribeirão João Leite, Goiás, Brasil e suas respectivas áreas.

Classes de atividade antrópica frente à Erosão Laminar	Área (hectares)	(%)
Atividade antrópica intensiva	10.904,09	14,31
Atividade antrópica moderada a reduzida	45.118,10	59,22
Atividade antrópica muito reduzida	20.166,07	26,47
<b>Total</b>	<b>76.188,26</b>	<b>100,00</b>



**Figura 16.** Mapa de cobertura vegetal e uso do solo ante a erosão laminar da bacia hidrográfica do ribeirão João Leite, Goiás, Brasil.

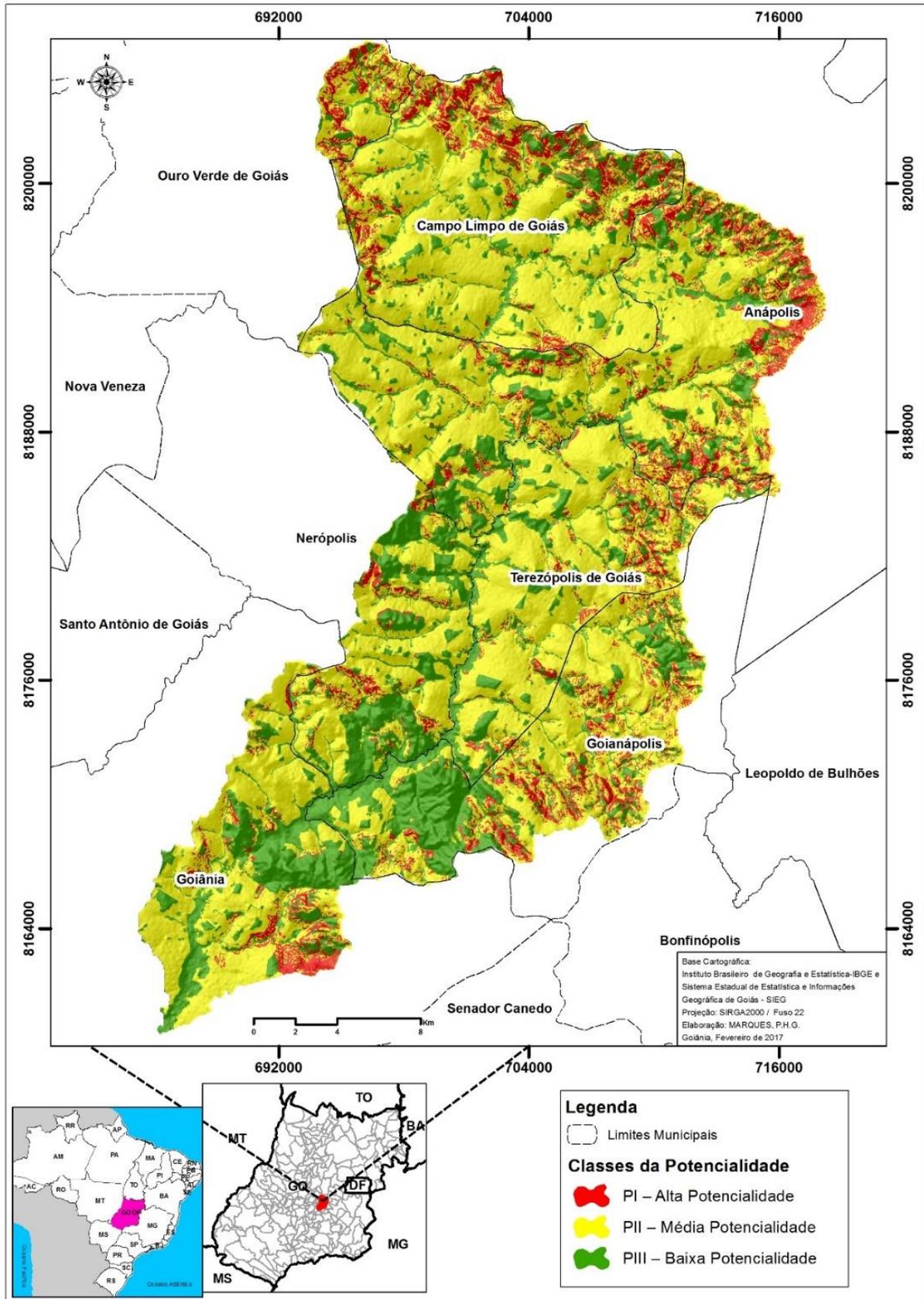
Na área de estudo, foram identificadas as atividades antrópicas intensivas, formadas por culturas anuais (que predominam na área de estudo – 14,31%). Em razão do decapecamento da cobertura vegetal natural, essas áreas são mais susceptíveis aos processos erosivos. Por outro lado, as atividades antrópicas moderadas a reduzidas formadas por campos e pastagens (que predominam na área de estudo – 59,22%). Essas áreas são susceptíveis aos processos erosivos, isso ocorre em virtude do pisoteio do gado, já que a pastagem predomina na bacia. Já as atividades antrópicas muito reduzidas, composta por mata nativa e afloramentos (que predominam na área de estudo – 26,47%). Devido a instalação dos parques e das áreas de proteção essa classe requer uma atenção maior, pois são áreas de extrema importância para fauna.

Em relação à potencialidade para erosão laminar da área de estudo, foram definidas três classes, identificadas por algarismos romanos, variando de P I - maior potencialidade - a P III - menor potencialidade exposto na Tabela 12 e na Tabela 13 suas respectivas áreas. Na potencialidade, são considerados os diferentes usos do solo pelos seres humanos. A susceptibilidade natural dos solos à erosão laminar, aliada aos diferentes usos, resulta em diferentes potencialidades para erosão. As culturas agrícolas, as áreas com influências urbanas e as áreas de altas susceptibilidades naturais resultam em altas potencialidades (Figura 17).

**Tabela 12.** Definição das classes de potencial para erosão laminar

Classe de susceptibilidade à erosão laminar	Classes de uso e cobertura do solo ante a erosão laminar		
	Atividade antrópica intensiva	Atividade antrópica moderada a reduzida	Atividade antrópica muito reduzida
S 1	P I	P I	P III
S 2	P I	P II	P III
S 3	P II	P II	P III
S 4	P II	P II	P III
S 5	P III	P III	P III

Fonte: Salomão (1992).



**Figura 17.** Mapa de potencialidade à erosão laminar da bacia hidrográfica do ribeirão João Leite, Goiás, Brasil.

**Tabela 13.** Classes de potencialidade à erosão laminar da bacia hidrográfica do ribeirão João Leite, Goiás, Brasil e suas respectivas áreas.

<b>Classes de Potencialidade à Erosão Laminar</b>	<b>Área (hectares)</b>	<b>(%)</b>
PI – Alta Potencialidade	8.210,91	10,78
PII – Média Potencialidade	47.335,70	62,13
PIII – Baixa Potencialidade	20.641,65	27,09
<b>Total</b>	<b>76.188,26</b>	<b>100,00</b>

**PI – Alta potencialidade:** Como o predomínio de 10,78% verifica-se em áreas de susceptibilidade à erosão laminar extremamente alta, nas quais foi introduzida a pastagem cultivada ou, atualmente, são áreas urbanizadas. Ocorrem na porção norte da bacia, onde existe pastagem cultivada em relevos de declividades mais expressivas e também na porção nordeste, do município de Anápolis, em áreas urbanizadas. Sua ocorrência na porção central da bacia está relacionada às culturas agrícolas. Nas áreas de alta potencialidade para erosão laminar, são esperados processos erosivos de difícil controle, associados ao uso incompatível do solo.

**PII – Média potencialidade:** Predomina em toda a bacia com 62,13% e ocorre em áreas de alta susceptibilidade, onde o uso do solo é moderado ou muito reduzido, em áreas de média susceptibilidade com atividade antrópica moderada ou também em áreas de atividade antrópica intensiva em que a susceptibilidade é baixa. É observada em toda a bacia, em relevos planos e suavemente ondulados. Os processos erosivos são controláveis nessas áreas.

**PIII – Menor potencialidade:** Apresenta com 27,09% e está presente em áreas nas quais predomina a vegetação natural remanescente ou áreas de baixa susceptibilidade, em que a atividade antrópica é moderada ou reduzida. Os processos erosivos são inexpressivos em vista do uso compatível do solo.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A análise integrada do relevo, do solo, da cobertura vegetal e uso e cobertura da terra, buscando avaliar a susceptibilidade e a potencialidade do solo para erosão laminar, permitiu identificar conflitos de uso numa determinada área. Na BHRJL, graças à sua importância para o abastecimento de água da grande Goiânia, essas análises tornam-se relevantes, uma vez que os processos erosivos podem representar uma maior carga de sedimentos nos canais de drenagem, que por sua vez chegam ao reservatório.

Nesse sentido, identificamos que a região possui potencialidade na agricultura, pecuária e abastecimento, também sofreu com o adensamento populacional advindo do processo de urbanização. A recém-implantada Ferrovia Norte-Sul, está inserida dentro da bacia, bem como cortada pela rodovia BR153 (rodovia Belém-Brasília), a área estudada se configura como uma das mais importantes do estado de Goiás, abrigando seus principais núcleos urbanos, entre eles a capital Goiânia, e grande parte da população, cerca de 30% em uma área territorial de apenas 0,22% do total do estado (IBGE, 2012).

Após a análise integrada do relevo, do solo, da cobertura vegetal/uso do solo e das micro-bacias hidrográficas, foi possível identificar e definir áreas prioritárias para conservação. A parte sul da BHRJL é uma área de prioridade por conter o reservatório, com relevante importância para o abastecimento de água da grande Goiânia, e a parte norte, em virtude das principais nascentes do Ribeirão João Leite.

Destacam-se também algumas áreas de matas conservadas na cabeceira da bacia, porção central e próxima ao lago da barragem do João Leite, sendo grande parte pertencente ao Parque Ecológico de Preservação Ambiental e Florestal Altamiro de Moura Pacheco, Parque dos Ipês, Massa d'água do Reservatório e Faixa de Proteção do Reservatório. Essas áreas, assim como os perímetros urbanos e as faixas de proteção ambiental, foram importantes para o planejamento ambiental.

Na presente dissertação, observou-se que as áreas com maior susceptibilidade à erosão laminar estão relacionadas em relevos com declividades mais acentuadas, nas quais predominam Cambissolos, Plintossolos Pétricos e Argissolos de texturas médias. Muitas dessas áreas estão sendo utilizadas principalmente para a prática da pecuária extensiva, como a pastagem cultivada, o que representa aproximadamente 57% da bacia.

Com os mapas dos elementos naturais e antrópicos, será possível apontar para trabalhos futuros diretrizes para práticas de conservação, visando minimizar os impactos da interferência antrópica na potencialização dos processos erosivos. Dessa maneira, buscou-se identificar e

representar as diferentes classes de uso e ocupação do solo, pedologia, declividade e susceptibilidade e potencialidade para erosão laminar da bacia, com o intuito de que este estudo sirva como referência, para o poder público possa utilizar na gestão e planejamento do reservatório.

## 5. REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6023: Informação e documentação: referência – elaboração*. Rio de Janeiro, 2000.

ANA, Agência Nacional de Águas. **Relatório Final do Diagnóstico Socioambiental da Bacia do Ribeirão João Leite / Bioma Brasil** – Goiânia, 2012.

Alaska Satellite Facility. **Download de imagens ALOS PALSAR-FBS**. Disponível em: <<https://vertex.daac.asf.alaska.edu/>>. Acessado em: 08 de out. de 2017.

ALVES, W. dos S. et al. ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA BACIA DO RIBEIRÃO DAS ABÓBORAS – RIO VERDE (GO). São Paulo, UNESP, *Geociências*, v. 35, n. 4, p.652-667, 2016.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. Piracicaba: Livroceres, 1985. 392 p.

CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia Prática**. 2ª ed. rev. e ampliada, Rio de Janeiro: Interciência, 2008. CARVALHO, M. S.; PINA, M. F.;

CASSETI, V. **Geomorfologia**. 2006. Disponível em: <<http://www.funape.org.br/geomorfologia/cap1/index.php>>. Acesso em: 07 jul. 2009.

CHAVES, H. M. L. **Modelagem matemática da erosão hídrica: passado, presente e futuro**. In: CHAVES, H. M. L. **Análise global de sensibilidade dos parâmetros da equação universal de perda de solo modificada (MUSLE)**. Revista Brasileira de Ciência do Solo. Campinas, SP, v.15, p.345-350, 1991.

CHOLLEY, A. Morphologie structurale et morphologie climatique. *Anais de Geographie*, v. 59, p. 331-335, 1950.

CHRISTOFOLETTI, A. **A análise de Bacias Hidrográficas**. Geomorfologia. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1980.

CORRÊA, R. L. **O Espaço Urbano**. São Paulo, Ática, 1981.

CUNHA, C. M. L. **Quantificação e mapeamento das perdas de solo por erosão com base na malha fundiária**. Rio Claro: Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, 1997.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 2006. 412 p.

ESTEVAM, Luis. **O Tempo da Transformação: estrutura e dinâmica da Formação Econômica de Goiás**. Goiânia: Ed. do Autor, 1998.

FERREIRA, M. E., FERREIRA, L. G. FERREIRA, N. C. ROCHA, G. F., NEMAYER, M. **Desmatamentos no bioma Cerrado: uma análise temporal (2001-2005) com base nos dados MODIS - MOD13Q1**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. Artigos, p. 3877-3883. CD-ROM, On-line. ISBN 978-85-17-00031-7. Disponível em:

< <http://martedpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.21.21/doc/3877-3883.pdf> >. Acesso em: 24 out.2010.

FRANCO, A. C. V; SANTO M. A. Dal. Contribuição da Morfometria para o Estudo das Inundações na Sub-Bacia do Rio Luís Alves/SC. **Mercator**, Fortaleza, v. 14, n. 3, p. 151-167, set./dez. 2015

GEO BRASIL Recursos hídricos; **Componente da série de relatórios sobre o estado e perspectivas do meio ambiente no Brasil. / Ministério do Meio Ambiente; Agência Nacional de Águas; Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Brasília : MMA; ANA, 2007. 264 p.** (GEO Brasil Série Temática, GEO Brasil Recursos Hídricos).

GOIÁS. Secretaria de Indústria e Comércio. Superintendência de Geologia e Mineração. **Mapa Geomorfológico do Estado de Goiás: Relatório Final**. Goiânia, 2005.

GUERRA, A J.T. e CUNHA, S.B. **Degradação ambiental. IN: Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, 1992, 372p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Divisão de Geociências do Centro Oeste. **Saneamento básico e problemas ambientais em Goiânia–1992**. Rio de Janeiro: IBGE, 1992. Não paginado.

\_\_\_\_\_. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manuais técnicos em geociências. Manual Técnico de Pedologia**: Divulga os procedimentos metodológicos utilizados nos estudos e pesquisas de geociências. Rio de Janeiro, 2007.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basin: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological Society of America Bulletin**, v. 56, n. 3, p. 275, 1945.

LANA, C. E. et al. Análise morfométrica da bacia do Rio do Tanque, MG – Brasil. **Rev. Esc. Minas**. vol.54 no.2 Ouro Preto Abr./Jun 2001.

LATRUBESSE, E. M; RODRIGUES, S.; MAMEDE, L. Sistema de Classificação e Mapeamento Geomorfológico: uma nova proposta. In: SIMPÓSIO DE GEOMORFOLOGIA/GEOSUL, 2.,1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEOSUL, 1998.v.14, n. 27, p. 682 - 687.

LOPES, R. M.; ASSUNÇÃO, H. F.; SCOPEL, I.; CABRAL, J. B. P. **Caracterização fisiográfica e morfométricas microbacia do córrego Jataí no município de Jataí (GO).** Geoambiente Online, Jataí-Go, n. 9, 142 –163, 2007.

MARCUZZO, F. F. N.; OLIVEIRA, N. DE L.; CARDOSO, M. R. D.; TSCHIEDEL, A. F. **Detalhamento Hidromorfológico da Bacia do Rio Paraíba. In: XI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2012,** João Pessoa. Anais.... Porto Alegre: ABRH, 2012. v. 1. p. 1-20. Disponível em:. Acesso em: 27 Mar. 2017.

MAMEDE, L.; LATRUBESSE, E. M.; RODRIGUES, S. C. Sistema de Classificação e Mapeamentos Geomorfológicos: uma nova proposta. In: SIMPÓSIO DE GEOMORFOLOGIA/GEOSUL, 2., 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEOSUL, 1998. v.14, n.27, p. 682-687.

MORETON, L.C. Geologia. In: **Folha Goiânia. SE 22 X-B-IV.** Brasília: MME/DNPM/CPRM, 1994. p. 13-50.

NASCIMENTO, M. A. L. S. do. **Bacia do Ribeirão João Leite: influência das condições ambientais naturais e antrópicas na perda de terra por erosão laminar.** Rio Claro, 1998, 176p. Tese (Doutorado em Geociências e Ciências Exatas) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual de Paulista, 1998.

NÓBREGA, R. A. A *et al.* **Comparação quantitativa e qualitativa entre Modelo Digital gerado pelo SRTM e por aerofotogrametria.** Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril, INPE, 2005, p 4437-4444.

OLIVEIRA, V. A. **Levantamento de reconhecimento com alta intensidade dos solos da Bacia do Rio João Leite.** Comissão 5. “Gênese, morfologia e classificação do solo”, 1996, 1 CD-Rom.

SALOMÃO, F.X.T. Erosão e a ocupação rural e urbana. In: \_\_\_\_\_. **3º Curso de Geologia de Engenharia Aplicada a Problemas Ambientais.** São Paulo: AGAMA-DIGEM, 1992. p. 44-71.

\_\_\_\_\_. Erosão e a ocupação rural e urbana. In: BITAR, O.Y. (Coord.). **Curso de geologia aplicada ao meio ambiente.** São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE) e Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), 1995. p. 31-57.

\_\_\_\_\_. Controle e prevenção dos processos erosivos. In: GUERRA, A. T. G. (Org.). **Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, temas e aplicações.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p 229 – 267.

SANTOS, A. M.; TARGA, M. S.; BATISTA, G. T.; DIAS, N. W. Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil. **Ambiente & Água,** Taubaté, v. 7, n. 3, p. 195-211, 2012.

SANTOS, M. **Espaço & Método.** São Paulo, Nobel, 1985.

\_\_\_ **Espaço do Cidadão.** São Paulo, Nobel, 1987.

\_\_**Técnica, Espaço, Tempo – Globalização e meio técnico científico - informacional**. 3. ed. São Paulo: Hucitec, 1997.

SCHUMM, S. A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. **Geological Society of America Bulletin**, v. 67, n. 5, p. 597- 646, 1956.

SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas**. São Carlos: Editora Rima, 2003, 138 p.

SOUSA, S. B. **Conflitos de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do ribeirão João Leite (go)**, Goiânia. Dissertação de Mestrado em Geografia, Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento - LAPIG – Instituto de Estudos Socioambientais - IESA, Universidade Federal de Goiás- UFG, Ano de Obtenção: 2013.

STRAHLER, A.N. Hypsometric analysis of erosional topography. **Bull. Geol. Soc. Am.**, 63:111-1141, 1952.

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.

VALLE JUNIOR, R. F. **Diagnóstico de áreas de risco de erosão e conflito de uso dos solos na bacia do rio Uberaba**. Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em Agronomia (Produção Vegetal). Jaboticabal – São Paulo – Brasil Julho de 2008.

VILAR, O. M.; PRANDI, E. C. Erosão dos Solos. In: CINTRA, J. C. A.; ALBIEIRO, J. H. (Orgs.). **Solos do Interior de São Paulo**. São Carlos-SP: ABMS/USPSC, 1993. v. 1. p. 177-206.

VILLELA, S. M & MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.