



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA  
LABORATÓRIO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÕES ESPACIAIS

INTERPRETAÇÃO DE ATRIBUTOS DE TERRENO E DE IMAGEM ORBITAL COMO  
SUBSÍDIO PARA O MAPEAMENTO DE SOLOS HIDROMORFICOS: ESTUDO DE  
CASO A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO BARTOLOMEU - DF

Wellington dos Santos Cardoso

ORIENTADOR: Prof. Dr. Osmar Abílio de Carvalho Júnior

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

BRASÍLIA  
DEZEMBRO/2012

WELLINGTON DOS SANTOS CARDOSO

INTERPRETAÇÃO DE ATRIBUTOS DE TERRENO E DE IMAGEM ORBITAL COMO  
SUBSÍDIO PARA O MAPEAMENTO DE SOLOS HIDROMORFICOS: ESTUDO DE  
CASO A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO BARTOLOMEU - DF

Dissertação de Mestrado  
submetida ao Departamento de  
Geografia da Universidade de  
Brasília, como parte dos requisitos  
necessários para a obtenção do  
Grau de Mestre em Geografia, área  
de concentração Gestão Ambiental  
e Territorial, opção Acadêmica.

ORIENTADOR: Dr. Osmar Abílio de Carvalho Júnior

BRASÍLIA  
DEZEMBRO/2012

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA  
LABORATÓRIO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÕES ESPACIAIS

INTERPRETAÇÃO DE ATRIBUTOS DE TERRENO E DE IMAGEM ORBITAL COMO  
SUBSÍDIO PARA O MAPEAMENTO DE SOLOS HIDROMORFICOS: ESTUDO DE  
CASO A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO BARTOLOMEU - DF

WELLINGTON DOS SANTOS CARDOSO

Dissertação de Mestrado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:

---

Dr. Osmar Abílio de Carvalho Júnior - Universidade de Brasília  
(Orientador)

---

Dr. Éder de Souza Martins – Embrapa Cerrados  
(Examinador)

---

Dr. Renato Fontes Guimarães- Universidade de Brasília  
(Examinador)

Brasília-DF, 03 de Dezembro de 2012

## FICHA CATALOGRÁFICA

CARDOSO, WELLINGTON DOS SANTOS

INTERPRETAÇÃO DE ATRIBUTOS DE TERRENO E DE IMAGEM ORBITAL  
COMO SUBSÍDIO PARA O MAPEAMENTO DE SOLOS HIDROMORFICOS:  
ESTUDO DE CASO A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO BARTOLOMEU - DF  
(UnB-IH-GEA-LSIE, Mestrado, Gestão Ambiental e Territorial, 2012).

Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Departamento de Geografia

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

CARDOSO, Wellington dos Santos. Interpretação de atributos de terreno e de imagem orbital como subsídio para o mapeamento de solos hidromorficos: estudo de caso da bacia hidrográfica do rio São Bartolomeu - DF. (Dissertação de Mestrado), Curso de Pós-graduação em Geografia, Universidade de Brasília, 2012, 52f.

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR (A): Wellington dos Santos Cardoso

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: “Interpretação de atributos de terreno e de imagem orbital como subsídio para o mapeamento de solos hidromorficos: estudo de caso da bacia hidrográfica do rio São Bartolomeu - DF”.

GRAU/ANO: Mestre/ 2012.

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação (tese) e emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado (tese de doutorado) pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

---

Wellington dos Santos Cardoso

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente os meus pais que sempre me apoiaram e não deixaram que eu desistisse dos meus objetivos.

Um agradecimento especial a minha esposa, Danila pela paciência nos dias que eu fiquei distante trabalhando, pela ajuda nos momentos em que eu brigava com o computador e principalmente pelo apoio que não faltou em nenhum momento dessa caminhada.

Ao Professor orientador Dr. Osmar Abílio de Carvalho Júnior, pela sua orientação, compreensão e ajuda ao longo de todo o processo.

Aos Professores Éder de Souza Martins, Renato Fontes Guimarães e Roberto Arnaldo Trancoso que se colocaram sempre a disposição para ajudar e orientar ao longo do trabalho.

Ao meu amigo Marcus Fábio, grande parceiro que me ajudou em vários momentos em que me encontrava perdido na dissertação.

Ao meu amigo Denílson, companheiro de vários trabalhos pela Embrapa Cerrados e pelo LSIE.

Aos meus colegas do LSIE Otácilio, Wátala, Gabriela e Priscila que sempre me ajudaram com seus conhecimentos e com sua amizade.

Muito obrigado a todos.

## RESUMO

O presente trabalho foi proposta na área do rio São Bartolomeu que se encontra nos limites do território do Distrito Federal a partir da confluência dos rios Pipiripau e Mestre D'Armas, ambos tributários de águas da Estação Ecológica de Águas Emendadas. Este é o maior rio, com 55 km de extensão, cortando no sentido norte-sul. Recebe as águas do Lago Paranoá, através do rio do mesmo nome, e depois segue pelo estado de Goiás, formando a bacia do Corumbá. O tradicional levantamento de solos (pedológico) é baseado na descrição das características dos atributos (solos, paisagem, relevo, declividade) de uma determinada área, de acordo com um sistema taxonômico vigente, assim estabelecendo limites entre as unidades pré-definidas no mapa, permitindo se fazer inferências sobre o comportamento dos solos quanto ao uso e ao manejo. O método tradicional não considera a dependência espacial entre as unidades de mapeamento, a qual pode ser forte, principalmente em se tratando de levantamentos detalhados ou em áreas onde os limites entre os solos não são óbvios. Conseqüentemente, o modelo discreto, assumido no mapeamento tradicional não é geralmente realístico, porque os limites naturais na paisagem tendem a ser mais graduais que abruptos. Algumas técnicas de Inteligência Artificial vêm sendo utilizadas como suporte para a confecção de mapas pedológicos. A utilização da ferramenta do ArcGis não vêm para por fim aos mapeamentos pedológicos clássicos, mais sim vai ser mais uma auxílio, assim podendo possibilitar uma melhor resultado do trabalho, além de otimizar custos e tempo.

**PALAVRAS-CHAVES:** Solos hidromorficos; Solos; SIG; Cobertura do Solo; Sensoriamento Remoto

## **ABSTRACT**

This work was proposed in the area of the São Bartolomeu which is within the limits of the territory of the Federal District from the confluence of the Pípiripau and Master D'Armas, both tributaries of waters Ecological Station Emendadas. This is the largest river, 55 km long, cutting north to south. Receives the waters of Lake Paranoá, across the river of the same name, and then follows the state of Goiás, Corumbá forming the basin. The traditional soil survey (pedological) is based on the description of the characteristics of attributes (soils, landscape, topography, slope) of a given area, according to a current taxonomic system, thus establishing boundaries between units predefined map, allowing to make inferences about the behavior of soils in the use and management. The traditional method does not consider the spatial dependence between the mapping units, which can be hard, especially when it comes to detailed surveys or in areas where the boundaries between the soils are not obvious. Consequently, the discrete model, made in the traditional mapping is usually not realistic, because the natural boundaries in the landscape tend to be more gradual than abrupt. Some Artificial Intelligence techniques have been used as support for confeccao of soil maps. The use of the tool for ArcGis not see an end to the classical pedological mapping, but rather will be a further aid, and may enable a better result of the work, while optimizing time and costs.

**KEYWORDS:** lowlands; Soils; GIS Land Cover, Remote Sensing

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	11
2. ÁREA DE ESTUDO.....	13
2.1    Clima.....	14
2.2    Geologia .....	15
2.3    Geomorfologia .....	17
2.4    Hidrografia.....	19
2.5    Vegetação.....	20
2.6    Solos .....	21
3. METODOLOGIA .....	24
3.1.    Processamento digital dos atributos morfométricos.....	24
3.1.1 Confecção do MDE .....	24
3.1.2 Elaboração e Tratamento dos Atributos de Terreno.....	25
3.2.    Interpretação de imagens orbitais .....	27
3.3    Trabalho de campo com coleta de amostra e descrição dos solos .....	27
4. RESULTADOS.....	30
4.1. MDE e atributos de terreno .....	30
4.2. Resultados da interpretação visual das áreas úmidas por interpretação visual de imagens de satélite.....	36
4.3. Análise física e química dos solos amostrados.....	41
4.4. Mapa de Solos da bacia do Rio São Bartolomeu.....	42
5. CONSIDERAÇÃO FINAIS.....	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Mapa de Localização da área de estudo. ....	14
<b>Figura 2.</b> Mapa climático do Distrito Federal (CODEPLAN, 1984).....	15
<b>Figura 3.</b> Mapa geológico do Distrito Federal (CODEPLAN, 1991).....	16
<b>Figura 4.</b> Mapa geomorfológico do Distrito Federal (CODEPLAN, 1984).....	17
<b>Figura 5.</b> Mapa Hidrográfico da Bacia do Rio São Bartolomeu DF.....	20
<b>Figura 7.</b> Mapa de solos do Distrito Federal. ....	22
<b>Figura 7.</b> Histograma global mapper.....	30
<b>Figura 8.</b> MDE da bacia hidrográfica do São Bartolomeu. ....	32
<b>Figura 11.</b> Mapa de declividade da bacia hidrográfica do São Bartolomeu. ....	33
<b>Figura 12.</b> Mapa de convexidade em perfil da bacia do rio São Bartolomeu DF.....	34
<b>Figura 13.</b> Composição colorida da bacia do Rio São Bartolomeu DF. ....	35
Figura 16: Mapa das áreas úmidas e secas da bacia do Rio São Bartolomeu DF.....	37
Figura 11: Mapa dos solos hidromorficos .....	38
Figura 18: Mapa dos padrões da imagem Spot.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 14: triangulo textural .....	41
Figura 19:Mapa de solos da bacia do rio São Bartolomeu – DF.....	45

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 1: Dados geomorfológicos do DF. ....</b>	<b>19</b>
--	-----------

## 1. INTRODUÇÃO

A agricultura, os modelos ecológicos e os sistemas de gestão ambiental cada vez mais demandam por informações precisas sobre a distribuição espacial dos solos. O levantamento pedológico é baseado no modelo discreto e descreve características dos solos de uma determinada área, classifica-os de acordo com um sistema taxonômico vigente, estabelecendo limites entre classes definidas no mapa e permitindo fazer inferências sobre o comportamento dos solos quanto ao uso e ao manejo. Ele tem como base o pressuposto à presença de fatores de formação que controlam a distribuição dos diferentes solos na paisagem. As características e propriedades dos solos variam espacialmente e esta variabilidade não é ao acaso, sendo resultante da atuação do clima e de organismos vivos sobre o material de origem, condicionada pelo relevo e tempo FUNDAÇÃO BANCO DO BRASIL(2010).

Entretanto, os mapeamentos de solos convencionais têm limitações para atender essas demandas, devido ao tempo e custo necessários. Esta é uma das razões principais para o desenvolvimento recente de técnicas de Mapeamento Digital de Solos (MDS) que visa aperfeiçoar o levantamento de solos utilizando: Sistema de Informações geográficas (SIG), cartografia digital e processamento digital de imagens. O SIG vem se consolidando como potente instrumento para as atividades de planejamento, principalmente no que se refere à visualização de informações geográficas, análises espaciais e simulação de fenômenos (CARVALHO, 2002). Nesse contexto, esta ferramenta simplifica o trabalho do planejador integrando fontes de dados e automatizando a produção de documentos que enriquecem o processo de planejamento. A cartografia digital refere-se à automação de projetos, captação, organização e desenho de mapas; enquanto que o sistema geográfico de informação refere-se à aquisição, armazenamento, manipulação, análise e apresentação de dados georreferenciados (ROSA & BRITO, 1996).

Portanto, o MDS busca prever a distribuição dos solos em escala regional utilizando técnicas de geoprocessamento sobre variáveis ambientais (MCBRATNEY et al., 2003; MCKENZIE & AUSTIN, 1993; MCKENZIE & RYAN, 1999; SKIDMORE et al, 1991; ZHU et al. 1997). A interpretação das imagens orbitais e de atributos de terreno pode favorecer a identificação e análise dos padrões de distribuição dos solos. A incorporação de métodos quantitativos estabelece uma base mais objetiva e uniforme para a identificação dos atributos de solo.

A medição dos atributos do relevo a partir de Modelos Digitais de Elevação (MDE) permite identificar padrões de terreno que estão associados a unidades pedológicas (DENT & YOUNG, 1981, HERMUCHE et al, 2003). Os atributos de terreno possuem níveis de generalização e aplicabilidade diferentes, devendo ser utilizados com propósitos específicos nas estratificações da paisagem (VASCONCELOS et al., 2012). Os atributos mais utilizados para a classificação consistem na altimetria e dos seus produtos provenientes de sua derivação, como: primeira derivada (declividade e aspecto) e segunda derivada (curvaturas). Entre estes atributos de terreno, a altimetria caracteriza-se por ser uma superfície suavizada evidenciando fragmentos homogêneos relativamente maiores que a declividade e a curvatura. A declividade representa a taxa de variação espacial da altimetria que permite salientar as quebras no relevo. Por fim, as curvaturas representam uma taxa de variação espacial da declividade ou aspecto evidenciando um detalhamento das informações anteriores. A obtenção destas variáveis é feita principalmente com operações de vizinhança (declividade, orientação e curvatura, por exemplo) e, em alguns casos, funções de conectividade (comprimento de rampa e área de captação, por exemplo).

Desta forma, a aplicação do geoprocessamento como abordagem paramétrica para compreensão do meio físico vem mostrando avanços contínuos (BAND, 1986; MIZUKOSHI & ANIYA, 2002; MOORE et al, 1993; PIKE, 1988; WANG, 1998; WLADIS, 1999).

O presente trabalho possui como objetivo realizar o mapeamento das classes de solos hidromorficos da bacia do rio São Bartolomeu a partir de trabalho de campo e interpretação de dados morfométricos e imagens de satélite.

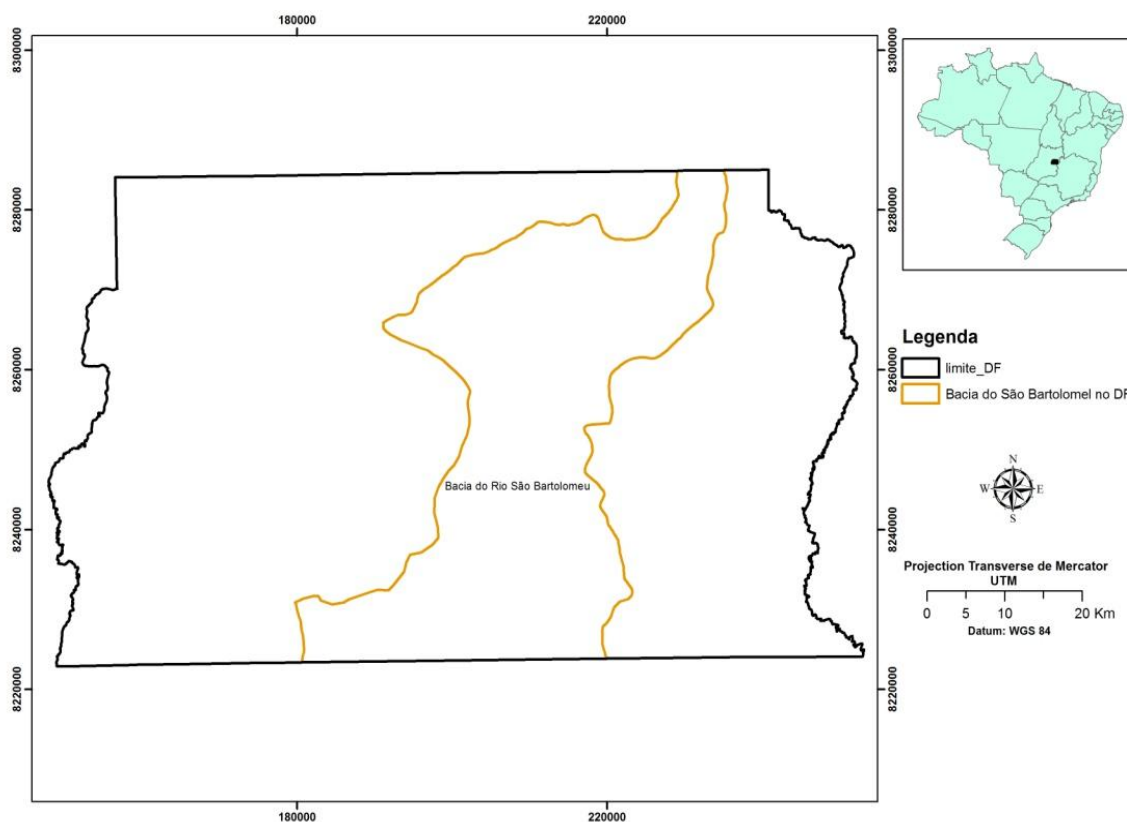
## 2. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo é a bacia do rio São Bartolomeu no Distrito Federal que correspondente a 1579,2 km<sup>2</sup>, ou seja, 27,2% do total do território (**Figura 1**). O rio São Bartolomeu nasce no Distrito Federal, sendo o rio de maior extensão com 55 km, cortando no sentido norte-sul. Recebe as águas do Lago Paranoá, através do rio do mesmo nome, e depois segue pelo estado de Goiás, formando a bacia do Corumbá.

Nesta bacia estão situadas parte das regiões administrativas (RAs) de Sobradinho, Planaltina, Paranoá, São Sebastião, Santa Maria e Taguatinga e a totalidade das RAs Brasília, Guará, Riacho Fundo, Cruzeiro, Candangolândia, Lago Sul, Núcleo Bandeirante e Lago Norte. Como afluentes de maior importância citam-se o ribeirão Sobradinho, que banha a cidade-satélite de mesmo nome, o ribeirão Mestre D'Armas, que banha a cidade-satélite de Planaltina, e os rios Paranoá e Pípiripau que abastecem Planaltina e Vale do Amanhecer. Nesta bacia estão localizadas a lagoa Bonita ou Mestre D'Armas, cujas águas contribuem para formar o ribeirão de mesmo nome, e a lagoa Joaquim Medeiros, ambas situadas na porção norte da bacia. A bacia do rio São Bartolomeu além de ocupar o território do DF esta presente no estado de Goiás sendo afluente da bacia do Paraná.

Cerca de 70% de sua área no DF é ocupada por formações campestres e atividades agropecuárias e cerca de 4% da área é urbanizada. A bacia do rio São Bartolomeu vem sofrendo um processo intensivo de ocupação do solo, com uma forte participação das atividades agropecuárias e parcelamentos de solo. A ocupação territorial desordenada, com a rápida transformação de áreas rurais em loteamentos com características urbanas, promoveu intensa perda da vegetação natural e a alteração na qualidade da água. Até o final da década de 1980, o São Bartolomeu era considerada uma reserva de água potável para o abastecimento da população do Distrito Federal. Neste propósito havia um projeto para a construção de um reservatório na bacia do São Bartolomeu, desde os ribeirões Mestre D'Armas e Pípiripau até as proximidades do ribeirão da Papuda, com o objetivo de ampliar o atendimento ao consumo de água das populações de Brasília e demais cidades. No entanto, a intensificação do uso da terra tem comprometido a construção da barragem e o seu emprego para o abastecimento. Atualmente, o rio Pípiripau, afluente do rio São Bartolomeu, apresenta conflitos de uso das águas devido à captação desordenada das águas superficiais, chegando a comprometer a captação da CAESB. Uma parceria

entre a SEMARH/DF e a ANA está desenvolvendo um cadastro de usuários desse ribeirão para promover o melhor aproveitamento deste recurso natural.

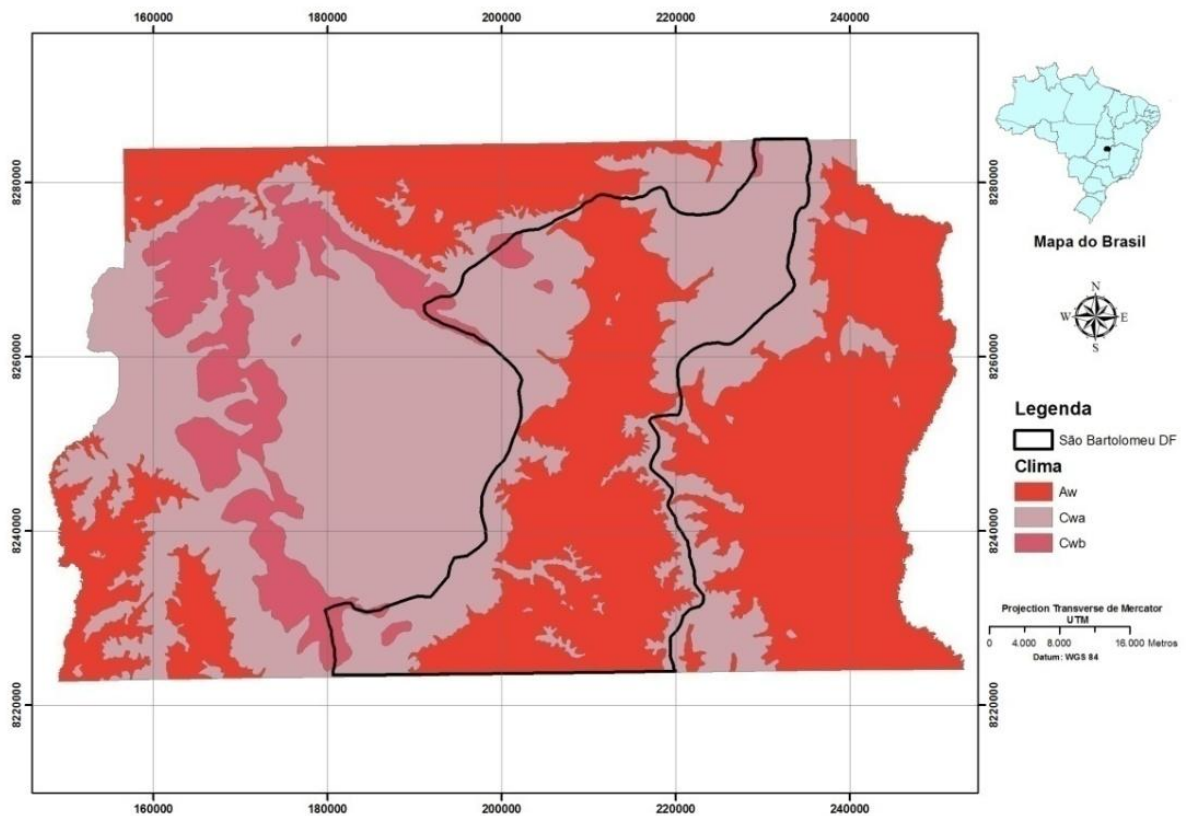


**Figura 1.** Mapa de Localização da área de estudo.

## 2.1 Clima

O clima predominante da região é “tropical de savana”, com a concentração da precipitação pluviométrica no verão. A temperatura média anual varia de 18° a 22°C, sendo os meses de setembro e outubro os mais quentes, com médias superiores a 22°C (FERRANTE et al., 2001). O clima do Distrito Federal está representado por três unidades (CODEPLAN, 1984): (a) regiões de superfícies acima de 1.000 metros com temperaturas superiores a 18 °C em todos os meses do ano, (b) regiões entre 1.000 e 1.200 metros que apresenta em seu mês mais frio temperaturas inferiores a 18°C e no seu mês mais quente superior a 22 °C; e (c) regiões com altitudes acima de 1.200 m com temperaturas inferiores a 18 °C no seu mês mais frio e temperaturas inferiores a 22°C no seu mês mais quente (**Figura 2**).

As precipitações no Distrito Federal variam entre 1.500 e 1.750 mm anuais, sendo a média em torno de 1.600 mm, alcançando em janeiro o seu maior índice pluviométrico (320 mm/mês) e durante os meses de junho, julho e agosto, chegando à média mensal total da ordem de 50 mm (EMBRAPA 1978). A umidade relativa do ar apresenta valores em torno de 75% durante os meses de janeiro a abril, em agosto possui uma média mínima de 30%, porém, durante alguns dias, pode alcançar valores de até 11%.



**Figura 2.** Mapa climático do Distrito Federal (CODEPLAN, 1984).

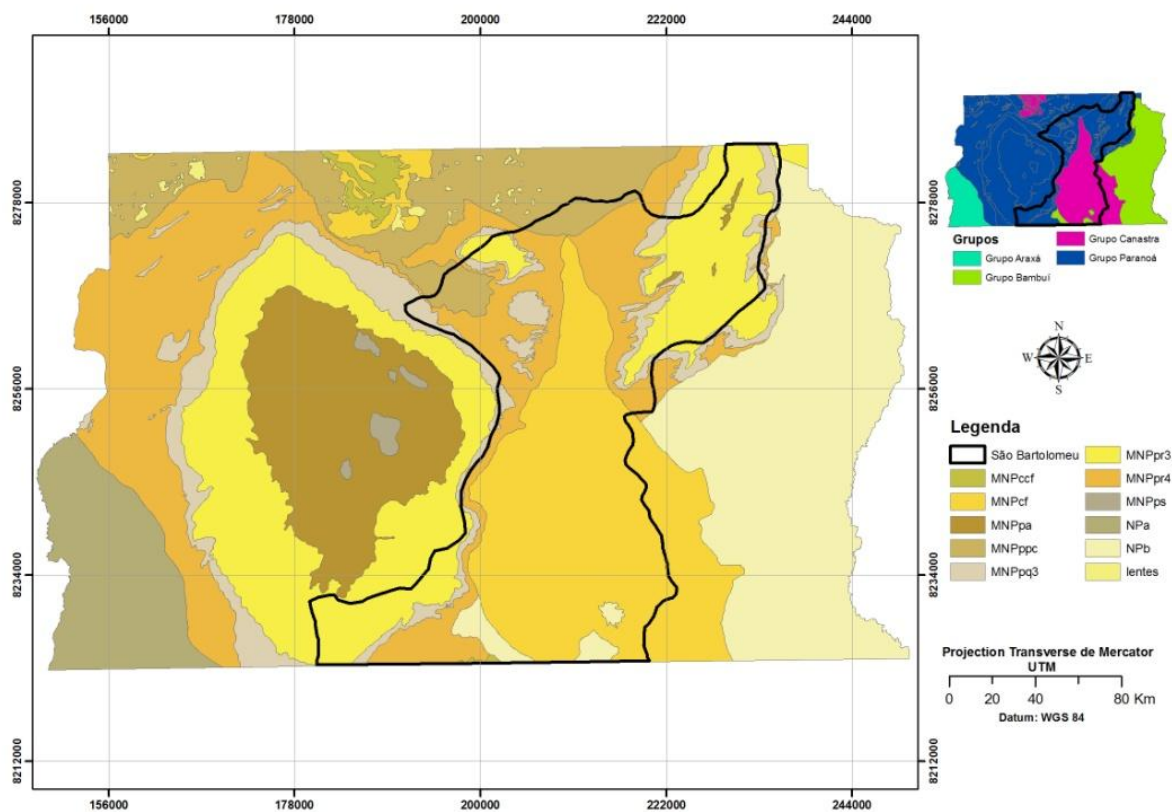
## 2.2 Geologia

A região do DF está localizada no setor oriental da Província Estrutural do Tocantins, mais especificamente, situada na porção centro sul da Faixa de Dobramentos Brasília (ALMEIDA & HASUI 1984; MARINI et al., 1979a, 1979b, 1984). A estruturação Brasileira é representada principalmente por dobras isoclinais a recumbentes, lineares, com foliação de transposição, falhamentos inversos, cavalgamentos, transcorrências e, no final do ciclo, uma tectônica distensiva. Todas essas estruturas mostram marcada vergência para Leste, em direção ao Cráton do São Francisco. A geologia do DF é composta por rochas

metassedimentares relativos aos Grupos Canastra, Paranoá, Araxá e Bambuí (**Figura 3**). A bacia do rio São Bartolomeu apresenta apenas dois grupos geológicos: Grupo Paranoá e Grupo Canastra.

O Grupo Paranoá é considerado de idade Meso/Neoproterozóica, sendo composto por rochas metapsamo-pelíticas e carbonáticas (FARIA, 1995). No DF ocorrem sete unidades da base para o topo: Quartzitos Médios com leitos conglomeráticos (Q2) Metassiltito Argiloso (S), Ardósia (A), Metarritmito Arenoso (R3), Quartzito Médio (Q3), Metarritmito Argiloso (R4) e Pelito-Carbonatada (PC) das áreas-tipo (CAMPOS, 2004).

O Grupo Canastra na região do vale do São Bartolomeu é representado por um conjunto de sericita filitos, clorita filitos, quartzo-sericita-clorita filitos, metarritmitos e filitos carbonosos. De forma restrita e descontínua, ocorrem delgados níveis (centimétricos a decamétricos) de quartzitos finos e micáceos (FREITAS-SILVA & CAMPOS, 1999). Os afloramentos, em sua maior parte, são bastante intemperizados, mas nos raros locais onde a alteração é mais tênue pode-se observar que os filitos são bandados com níveis mais claros, ricos em mica branca, carbonato e quartzo e níveis mais escuros, enriquecidos em clorita.



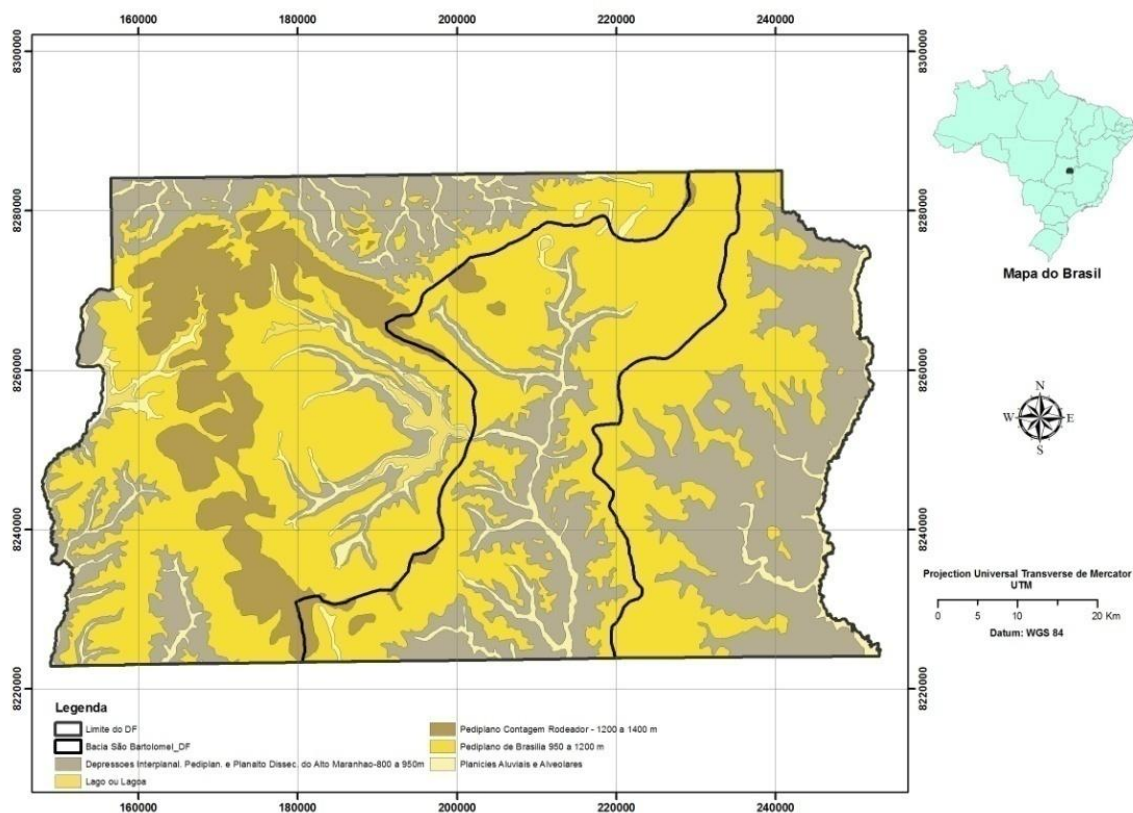
**Figura 3.** Mapa geológico do Distrito Federal (CODEPLAN, 1984).



## 2.3 Geomorfologia

As características geomorfológicas da paisagem no domínio morfoclimático do Cerrado resultam de uma prolongada interação de regime climático tropical semi-úmido com fatores litológicos, edáficos e bióticos (AB'SABER, 1977). O DF situa-se em uma das porções mais elevadas do Planalto Central, corresponde aos remanescentes dos aplainamentos resultantes dos ciclos de erosão Sulamericano (Terciário Médio) e Velhas (Terciário Superior) (KING 1956; BRAUN, 1971). A evolução do relevo da região é considerada como produto da etchiplanação processo pelo qual uma superfície de aplainamento é formada com espesso perfil de intemperismo que pode ser denudado em eventos de dissecação (NOVAES PINTO, 1987, MARTINS, 2000; MARTINS et al., 2004). Os principais mapeamentos realizados no Distrito Federal foram o da CODEPLAN (1984) e da Novaes Pinto (1986), ambos na escala 1:100.000.

A CODEPLAN (1984) apresenta as seguintes unidades: Pediplano Contagem-Rodeador, Pediplano de Brasília, Pediplano Contagem-Rodeador, Depressões Interplanálticas e o Planalto Dissecado do Alto Maranhão (**Figura 4**).



**Figura 4.** Mapa geomorfológico do Distrito Federal (CODEPLAN, 1984).

O Pediplano Contagem-Rodeador (1200-1400 metros) representadas por chapadas, chapadões e interflúvios tabulares, esta superfície de aplainamento é considerada a mais antiga, proveniente do ciclo de erosão do Cretáceo Médio, com característica de clima seco e predomínio de processos de desagregação de rochas. O Pediplano de Brasília (950 a 1200 metros) está embutido no Pediplano Contagem-Rodeador com nítida ruptura sob a forma de degraus, também possui chapadas, chapadões e interflúvios tabulares cobertos por materiais oriundos das áreas mais altas, sendo gerada no Cretáceo Superior em condições similares ao Pediplano Contagem-Rodeador. As Depressões Interplanálticas e o Planalto Dissecado do Alto Maranhão abrangem áreas menores e mais baixas que os outros compartimentos, com altitudes entre 800 a 950 m.

Novaes Pinto (1986) propõe uma subdivisão do DF em 13 unidades geomorfológicas a partir das similaridades morfológicas e genéticas. As unidades geomorfológicas agrupam-se em três macrounidades (**Tabela 1**): (a) Chapada (34% da área do DF) caracterizada por topografia plana a plano-ondulada, acima da cota 1000 m, desenvolve-se sobre quartzitos (Chapadas da Contagem, Brasília e Pipiripau), ardósias, filitos e micaxistos (Chapada Divisora São Bartolomeu - Preto e a Divisora Descoberto - Alagado) com coberturas de couças vesiculares/pisolíticas e Latossolos; (b) Dissecção Intermediária (31% da área do DF) constitui áreas fracamente dissecadas, drenadas por pequenos córregos, modeladas sobre ardósias, filitos e quartzitos (Depressão do Paranoá e do Vale do Rio Preto) e com presença nos interflúvios de couças, Latossolos e fragmentos de quartzo; e (c) Região Dissecada de Vale (35% da área do DF) constitui as depressões de litologias de resistências variadas, ocupadas pelos principais rios da região.

A área de estudo está incluída na Unidade Curso Superior do Rio São Bartolomeu (C10). O relevo da bacia do São Bartolomeu varia desde ondulado até montanhoso, sendo a amplitude de relevo, de um modo geral, em torno de 200 metros. Estas áreas dissecadas de vale correspondem ao remodelamento que o relevo aplainado sofreu com o abaixamento do nível de base regional entre o Terciário e o Holoceno (MARTINS & BAPTISTA, 1999).

**Tabela 1: Dados geomorfológicos do DF.**

Macrounidades	Unidades	Área Total (km <sup>2</sup> )	%
Região de Chapada 1.968 km <sup>2</sup> 33,8%	Chapada da Contagem	R\$ 1.028	17,7
	Chapada de Brasília	202	3,5
	Chapada do Pípiripau	445	7,7
	Chapada Divisora São Bartolomeu – Preto	188	3,2
	Chapada Divisora Descoberto – Alagado	105	1,8
Área de Dissecção Intermediária 1.793 km <sup>2</sup> - 30,9%	Diaepressão do Paranoá	726 1	2,5
	Vale do rio Preto	1.067	18,4
Região Dissecada de Vale 2.053 km <sup>2</sup> - 35,5 %	Curso Superior do rio Maranhão	574	9,9
	Alto Curso do rio São Bartolomeu	270	4,6
	Curso Superior do rio São Bartolomeu	608 1	0,5
	Alto Curso do rio Descoberto	237	4,1
	Curso Superior do rio Descoberto	270	4,6
	Alto Curso do rio Alagado	94	1,6
TOTAL		5.814	100

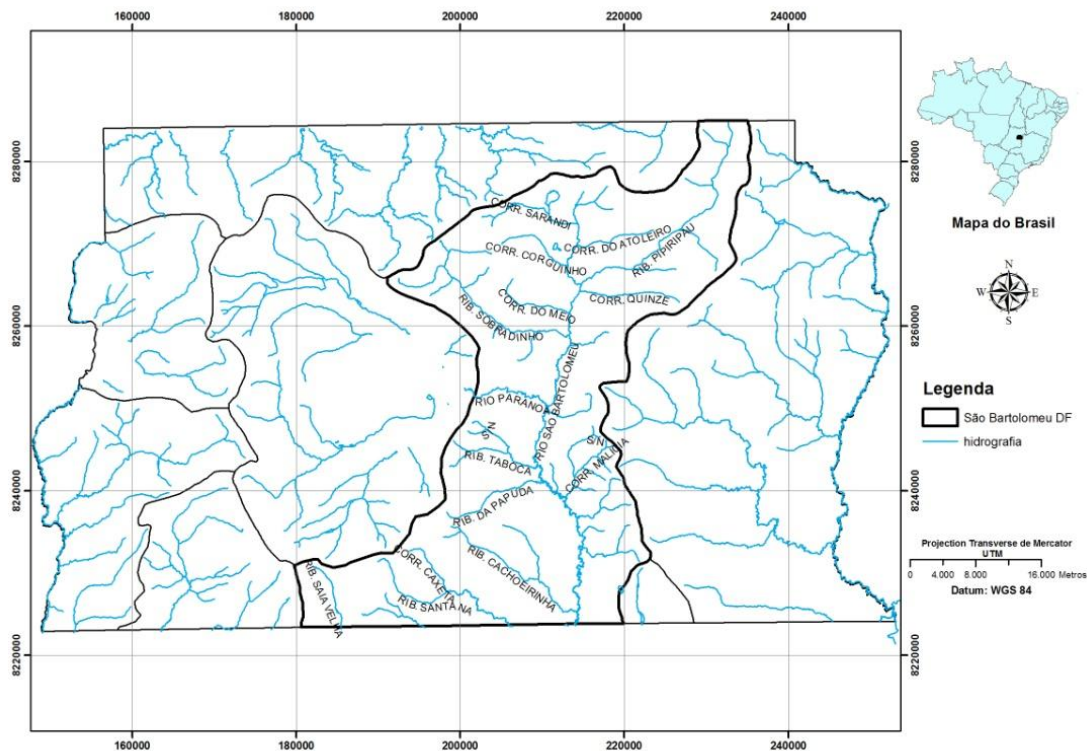
Fonte: Macrounidades Geomorfológicas do DF (segundo Novaes Pinto 1994)

## 2.4 Hidrografia

A região de Planalto Central desempenha um papel fundamental na distribuição dos recursos hídricos para o território brasileiro e, até mesmo, para a América do sul. A região é drenada por rios que pertencem a importantes bacias fluviais da América do Sul: Paraná (Rio Descoberto, Rio São Bartolomeu), São Francisco (Rio Preto) e Araguaia-Tocantins (Rio Maranhão) (**Figura 5**).

A altitude dos divisores de água é da ordem de 1.200/1.300 m. Na separação entre as Regiões Hidrográficas Tocantins/Araguaia e do Paraná predominam vertentes formadas por chapadas, enquanto nos limites entre as bacias do Paraná e São Francisco a ocorrência mais comum no relevo é a de formas de serras e quebradas. Devido às características de rios de planalto, que cortam toda região do Distrito Federal, é típica a ocorrência de perfis escalonados por zonas de rápidas corredeiras, ou mesmo grandes quedas d'água, formando as lindas cachoeiras que despontam no Cerrado. Dadas as condições favoráveis dos solos, da topografia e do clima, a grande maioria dos cursos da rede de drenagem local conta com regime perene.

A bacia do rio São Bartolomeu está contida na Região Hidrográfica do Paraná responsável pela maior área drenada do Distrito Federal com área aproximada de 3.658 km<sup>2</sup> (64% de área do DF) com uma descarga média de 64 m<sup>3</sup>/s.



**Figura 5.** Mapa Hidrográfico da Bacia do Rio São Bartolomeu DF.

## 2.5 Vegetação

A vegetação natural reflete as condições climáticas e edáficas do ambiente, fornecendo informações relacionadas às condições de fertilidade e climáticas do solo. Na área são descritos as seguintes formações (RIBEIRO & WALTER, 1998): (a) Formações Florestais com predominância de espécies arbóreas onde há formação de dossel, contínuo ou descontínuo; (b) Formações Savânicas (Cerrado sentido restrito) com árvores e arbustos espalhados sobre um estrato gramíneo onde não há formação de dossel contínuo; e (c) Formações campestres áreas com predomínio de espécies herbáceas e algumas arbustivas, observando-se a inexistência de árvores na paisagem.

Na área de estudo as formações florestais são representadas por: (a) Mata Galeria vegetação florestal que acompanha os rios e córregos, formando corredores fechados

(galerias) formado por estrato arbóreo que varia entre 20 e 30 metros, apresentando superposição das copas que fornecem cobertura arbórea de 70% a 95%; e (b) Cerradão formação florestal com aspectos xeromórficos semelhante ao Cerrado quanto à composição florística, mas com porte mais alto, caracteriza-se por três estratos muito nítidos: o primeiro, arbóreo (até 15 metros de altura), o segundo, arbustivo (até 3 metros de altura) e o terceiro, rasteiro, herbáceo, composto predominantemente de gramíneas.

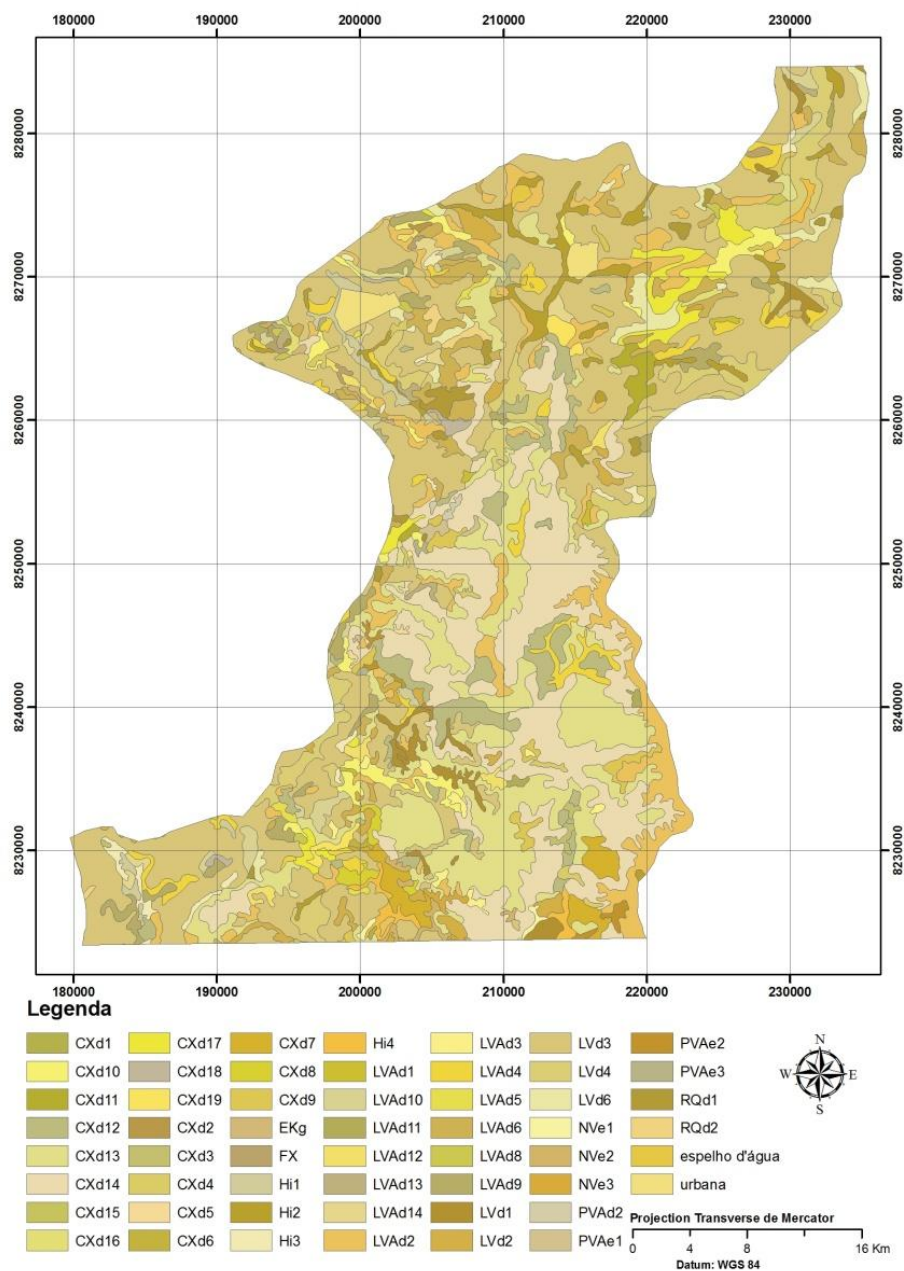
A principal formação savânica na área de estudo é o Cerrado Sentido Restrito que se caracteriza pela presença de árvores de porte baixo, inclinadas, tortuosas, com ramificações irregulares e retorcidas, com evidências de queimada, a casca é grossa, as folhas são rígidas e as raízes profundas. Formam um estrato herbáceo rasteiro, com predominância de gramíneas e um estrato-arbustivo-arbóreo de aproximadamente oito metros de altura. Não sofrem restrição hídrica durante a estação seca.

O Campo Sujo tipo fisionômico com predominância de vegetação herbáceo-arbustivo, com arbustos e subarbustos esparsos cujas plantas, muitas vezes, são espécies arbóreas do Cerrado.

## **2.6 Solos**

O levantamento de solos mais recente é apresentado por Reatto et al. (2004) que propôs uma reclassificação do mapa de solos da Levantamento Pedológico da Embrapa (1978) com o propósito de adequá-lo ao Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (**Figura 7**). A partir da análise dos trabalhos existentes, conclui-se que a região apresenta três classes de solos mais importantes (85,5% da área): Latossolo Vermelho-Escuro, Latossolo Vermelho-Amarelo e Cambissolo.

Os Latossolos representam 54,48% da área, divididos em Latossolo Vermelho-Escuro (38,65%) e Latossolo Vermelho-Amarelo (15,83%). A classe Latossolos Vermelho-Escuro ocorre, sobretudo, nos topos das chapadas, divisores principais de bacias com topos planos, na depressão do Paranoá e na Bacia do Rio Preto. A classe Latossolos Vermelho-Amarelo ocorre, principalmente, nas bordas de chapada e divisores, em superfícies planas, abaixo dos topos da Chapada da Contagem, sempre adjacente à classe dos vermelho-escuros.



**Figura 6.** Mapa de solos do Distrito Federal.

A classe dos Cambissolos (31,02%) ocorre preferencialmente nas vertentes das bacias dos Rios Maranhão, Descoberto e São Bartolomeu e nas encostas com declividades mais elevadas, na depressão do Paranoá e na Bacia do Rio Preto. Todas as outras classes que ocorrem no DF cobrem 9,06% do total, representadas por: Argissolos (4,09%); brunizem avermelhado (0,09%); solos aluviais (0,19%); solos hidromórficos indiscriminados (4,16%); neossolo quartzarênico (0,53%) e plintossolos. O restante da área é representado por superfície aquática e áreas urbanas (5,45%). Os Argissolos são mais típicos na Bacia do

Maranhão, associados ao brunizem avermelhado. Os solos aluviais ocorrem em porções restritas dos vales do Preto e Maranhão.

Os solos hidromórficos são importantes ao longo de córregos e nascentes dos principais rios. A classe neossolo quartzarenico é típica do rebordo de chapadas, especialmente sobre quartzitos.

Os solos hidromórficos são solos que se desenvolvem sob influência do lençol freático alto, consequentemente estão a maior parte do tempo saturados com água, estas condições se apresentam em regiões de clima úmido, em áreas plana, nas encostas próximas aos rios e lagos, ou nas depressões fechadas.

No mapa da Reatto et al. (2004) a bacia do São Bartolomeu é constituída por 8 unidades de solos distribuídas em 52 classes (Cambissolo com 38,48 %, Latossolo Vermelho com 38,30%, Latossolo Vermelho Amarelo com 16,80%, Solo Hidromórficos Indiscriminados com 4,06%, Neossolo Quartzarênico com 0,97%, Nitossolo Vermelho com 0,53%, Argissolo Vermelho com 0,46%, Plintossolo com 0,20%, Espodossolo com 0,13% e Argissolo Vermelho Amarelo com 0,08%).

### **3. METODOLOGIA**

A metodologia adotada para o mapeamento pedológico das classes de solos hidromórficos da bacia do rio São Bartolomeu considerou o trabalho de campo com coleta de amostras, conjuntamente, com a interpretação visual dos atributos morfométricos e de imagens de alta resolução espacial do satélite SPOT-5. O processamento digital de imagens (PDI) consiste na análise e manipulação de imagens por computador, com o propósito de identificar e extrair informações. A nossa capacidade visual nos permite identificar em tela dos computadores padrões distintos nas imagens. Desta forma, a metodologia confronta a interpretação dos padrões pedológicos por meio de imagens com as informações de campo, proporcionando reajustes e readequações das interpretações iniciais com a realidade presente.

A presente área de estudo em que predomina a região Dissecada de Vales, caracterizada por relevo acidentado, rede de drenagem condicionada por fraturas e contato entre litologias variadas, apresenta uma alta complexidade que dificulta a classificação por métodos automatizados dos atributos morfométricos ou de imagens de satélite. Portanto a metodologia adotada considera uma classificação a partir da interpretação visual dos padrões pedológicos.

#### **3.1. Processamento digital dos atributos morfométricos**

##### **3.1.1 Confeção do MDE**

O MDE consiste na representação quantitativa de uma grandeza que varia continuamente no espaço. Geralmente associados à altimetria, também podem ser utilizados para modelar outros tipos de informações como, por exemplo, teor de minerais ou propriedades do solo ou subsolo (CÂMARA & MEDEIROS, 1998). Uma melhor resolução e precisão na confecção do MDE permitem uma melhor interpretação dos atributos ambientais.

No presente trabalho, para a confecção do MDE foi utilizado a base do sistema cartográfico do Distrito Federal (SICAD) na escala de 1:10.000. Inicialmente, corrigiram-se os erros provenientes da hidrografia e das curvas de nível. O método de interpolação utilizado para a elaboração do MDE foi o TOPOGRID presente no programa ARCINFO (HUTCHINSON, 1989), desenvolvido com a finalidade de criar um MDE para estudos hidrológicos contendo as propriedades das drenagens e a os dados de direção de fluxo.



Portanto, este método preserva as características hidrográficas, removendo os dados espúrios relativos a pontos de depressão ou de elevação e utiliza uma técnica de interpolação por diferenças finitas (HUTCHINSON, 1989). Complementar a interpolação foi considerado os seguintes aspectos para a obtenção do MDE hidrologicamente corrigido: (a) eliminação das depressões artificiais, (b) introdução de informações sobre as localizações de rede de drenagem e lagos em regiões planas, e (c) limitações inerentes dos métodos de obtenção da direção de fluxo (MARTZ & GARBRECHT, 1995; TURCOTTE et al. 2001; OLIVEIRA et al., 2007).

### **3.1.2 Elaboração e Tratamento dos Atributos de Terreno**

Os padrões morfométricos vêm sendo amplamente utilizados na caracterização dos processos hidrológicos e geomorfológicos (MOORE et al., 1991; SCHIMIDT & DIKAU, 1998). No entanto é difícil estabelecer um arranjo que descreva toda a complexidade das superfícies e, por este motivo, são desenvolvidos inúmeros métodos para sua descrição e análise (EVANS, 1984; EVANS & MCCLEAN, 1995). A partir do MDE foram gerados os atributos de terreno: declividade, aspecto e curvatura em perfil. O mapa de declividade consiste na inclinação do relevo em relação à linha do horizonte, podendo ser expresso em graus ou em porcentagem.

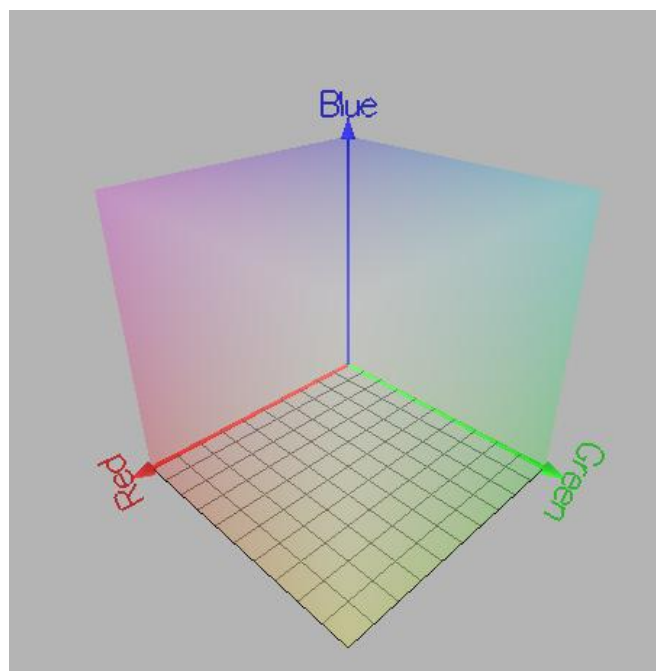
A convexidade do relevo é um atributo importante para a distinção de unidades geomorfológicas, estudada desde os trabalhos de Davis (1892) e Gilbert (1909). O atributo convexidade em perfil determina as formas das vertentes em uma secção vertical da vertente em côncavas, retilíneas e convexas. Os valores positivos correspondem à forma convexa, que tem como característica o aumento gradual do ângulo de declividade do topo para a drenagem. Os padrões retilíneos mostram ângulos constantes próximos de zero e pode ocorrer tanto em ambientes com inclinação constante quanto em superfícies planas. As áreas côncavas apresentam uma redução dos ângulos de curvatura em direção a jusante permitindo o acúmulo de água e tornando lenta a sua dissipação.

A partir dos atributos de terreno foram utilizadas técnicas de realce digital como a composição colorida e manipulação de contrastes que permitem realçar as feições e os distintos padrões do relevo, favorecendo uma posterior análise visual para a identificação das unidades pedológicas. A cor é um dos principais atributos do sistema visual humano, que consegue discernir algumas dezenas de milhares de cores diferentes. Os sistemas de monitores

de computadores geram as cores a partir das três cores primárias (vermelho, verde e azul) que combinadas geram as demais cores do espectro visível, podendo ser expressa pela seguinte formulação:

$$\text{Cor} = r \cdot R + g \cdot G + b \cdot B$$

Onde os valores R (vermelho), G (verde) e B (azul) consistem nas cores primárias, enquanto r, g, b são os coeficientes da mistura (entre 0 e 1). Esses coeficientes podem ser representados por eixos tridimensionais que configuram um cubo onde os três eixos correspondentes ao vermelho, verde e azul (PRATT, 1991) (**Figura 3**). Portanto, a composição colorida (constituída de três bandas) é uma poderosa forma de sintetizar, numa única imagem, uma grande quantidade de informação. A associação de um atributo de terreno para cada canal de cor gera padrões tonais e texturais que caracterizam ambientes distintos que correlacionam com características pedológicas.



**Figura 3** – Representação do Cubo referente ao espaço de cores RGB (BORGES, 2007).

### **3.2. Interpretação de imagens orbitais**

O sensoriamento remoto tem sido uma ferramenta importante no auxílio de identificações de classes de solos e no reconhecimento de sua distribuição espacial, dentre outros estudos. No presente trabalho a imagem utilizada foi a do sensor HRG do ano de 2009 que contém quatro bandas distribuídas do visível ao infravermelho. As bandas do visível são: banda 1 (0,50-0,59  $\mu\text{m}$ ); banda 2 (0,61-0,68  $\mu\text{m}$ ) e banda 3 (0,79-0,89  $\mu\text{m}$ ) com resolução espacial de 10 metros (CNES, 2008). A banda SWIR está compreendida no intervalo espectral de 1,58-1,75  $\mu\text{m}$  e possui resolução espacial de 20 metros (CNES, 2008).

Um dos problemas normalmente discutido na literatura é definir áreas saturadas em regiões com baixa ondulação do relevo a partir dos atributos de terreno. Estudos anteriores mostraram que os índices topográficos relacionados com áreas encharcadas do solo são fortemente sensíveis à resolução do MDE (QUINN et al, 1991). Consequentemente, esta dificuldade também restringe a detecção de tipos de solos hidromórficos provenientes destes ambientes saturados, como é o caso dos Gleissolos. No entanto, o sensoriamento remoto tem sido amplamente utilizado no propósito de descrever a drenagem do solo (LEE et al. 1988a, b, CIALELLA et al., 1997, MORAN et al., 1997; CAMPLING et al., 2002, LOBELL & ASNER, 2002). Nos ambientes de vegetação natural, a relação solo-vegetação reflete uma diferenciação na acumulação de biomassa que pode ser explorada para o mapeamento da drenagem do solo a partir de sensoriamento remoto (LOZANO-GARCIA et al., 1991; KOROLYUK & SHCHERBENKO, 1994; LEVINE et al., 1994). As classes de vegetação provenientes da interpretação das imagens podem ser correlacionadas com as classes de solo.

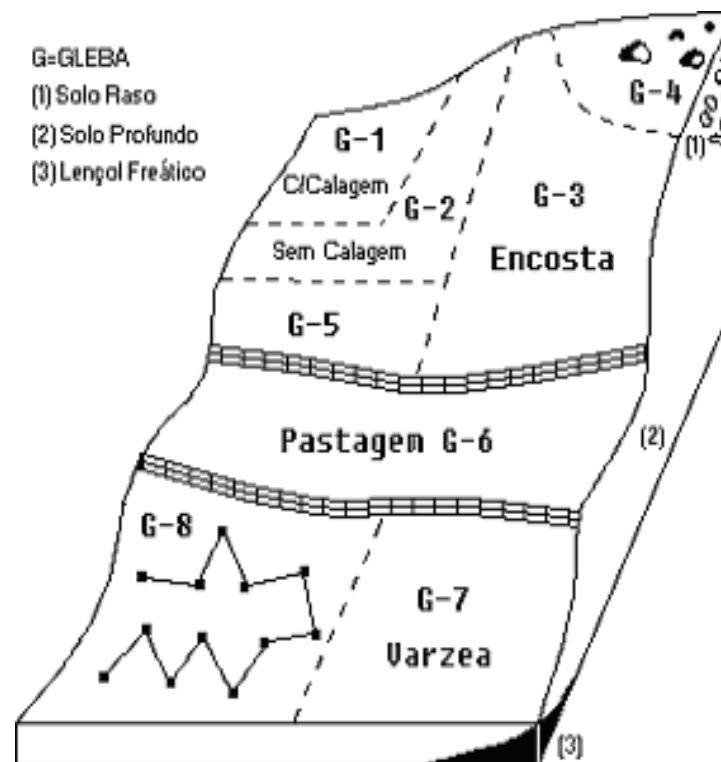
No presente trabalho foi feita inicialmente uma separação dos ambientes úmidos por interpretação visual em tela. Como indicativo de área úmida foram utilizadas as classes de vegetação: Matas de Galeria Inundável, Veredas e Campos úmidos, que são difíceis de serem detectados apenas com atributos morfométricos.

### **3.3 Trabalho de campo com coleta de amostra e descrição dos solos**

A coleta e o preparo das amostras de solo têm por objetivo obter um material adequado para análises químicas e físicas em laboratório ou na organização de coleções ou mostruários didáticos (KIEHL 1979). A coleta para fins pedológicos emprega técnicas especializadas: limpeza do material de amostragem, armazenamento das amostras em

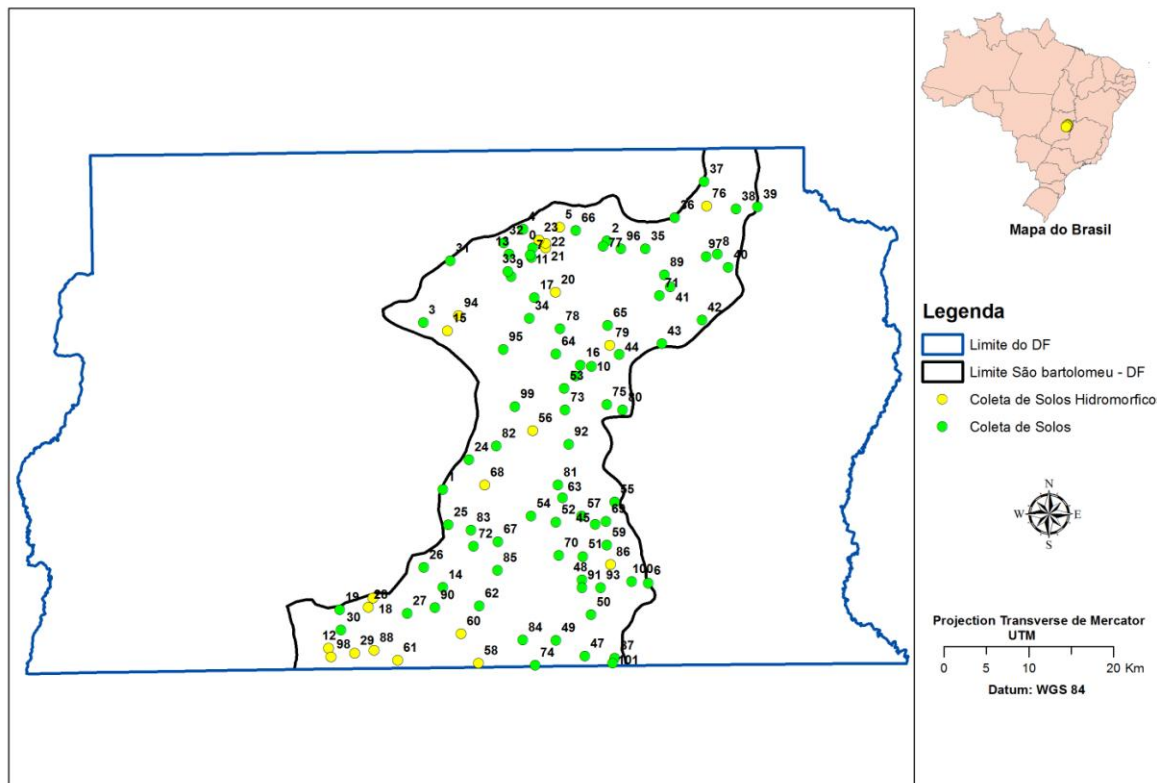
separado e identificações. Para a área de coleta foi realizada uma descrição dos atributos ambientais (relevo, geomorfologia, declividade e cor) e do uso e cobertura da Terra. As coletas sempre que possível foram realizadas em áreas naturais, com o propósito de favorecer a correlação com os tipos de vegetação.

No laboratório os sacos plásticos as amostras foram abertos para secarem. Não foram utilizadas estufas para a “secagem do material” para não haver perda de matéria orgânica. Depois de estarem secas as amostras de solos foram peneiradas, acomodando 300 gramas de cada amostra em sacos menores, para posteriores análises químicas e físicas. Após separação e quantificação volumétrica de calhaus e cascalhos, foram determinadas na TFSA: granulometria, argila dispersa em água, pH em água e em KCl 1N, P disponível, cátions trocáveis ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ),  $\text{Al}^{3+}$  e acidez ( $\text{H}^{++}$   $\text{Al}^{3+}$ ) extraíveis, carbono orgânico, N total e teor de óxidos ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  e  $\text{TiO}_2$ ) pelo ataque sulfúrico (anexo D).



**Figura 4.** Unidades pré identificadas em laboratório a serem coletadas. (fonte Google).

Em campo foram percorridas e realizadas 75 amostragens dos solos na bacia do rio São Bartolomeu considerando o relevo e vegetação para tal coleta, do total coletado 21 amostras foram coletas em áreas de solos hidromorficos (Figura 5).

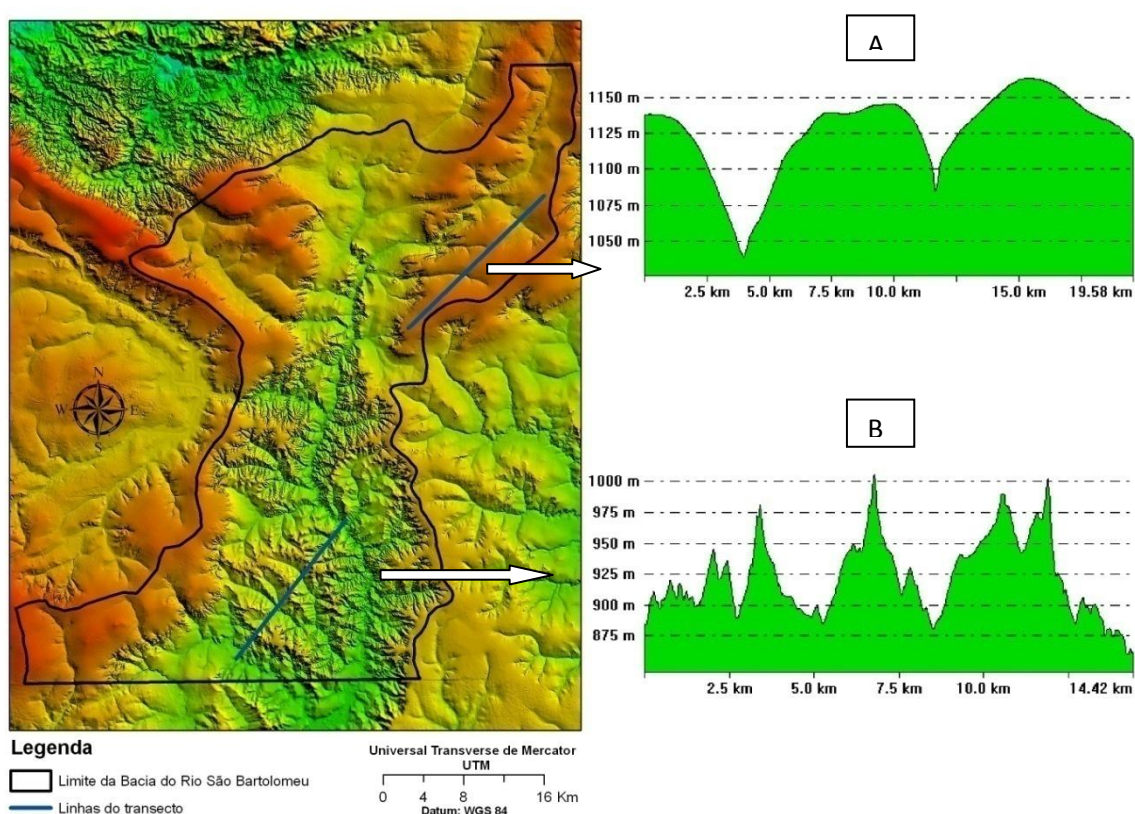


**Figura 5.** Pontos de coletas de solos no DF (Fonte Embrapa Cerrados).

## 4. RESULTADOS

### 4.1. MDE e atributos de terreno

Na interpretação visual da imagem, pode-se dizer que, as cores mais escuras representa: paredões e bordas de chapadas. Já as cores mais claras representam: planícies e fundos de vales (Figuras 7 e 8). Pelos dados obtidos, a bacia do rio São Bartolomeu possui uma variação altimétrica de 800 a 1150 metros.



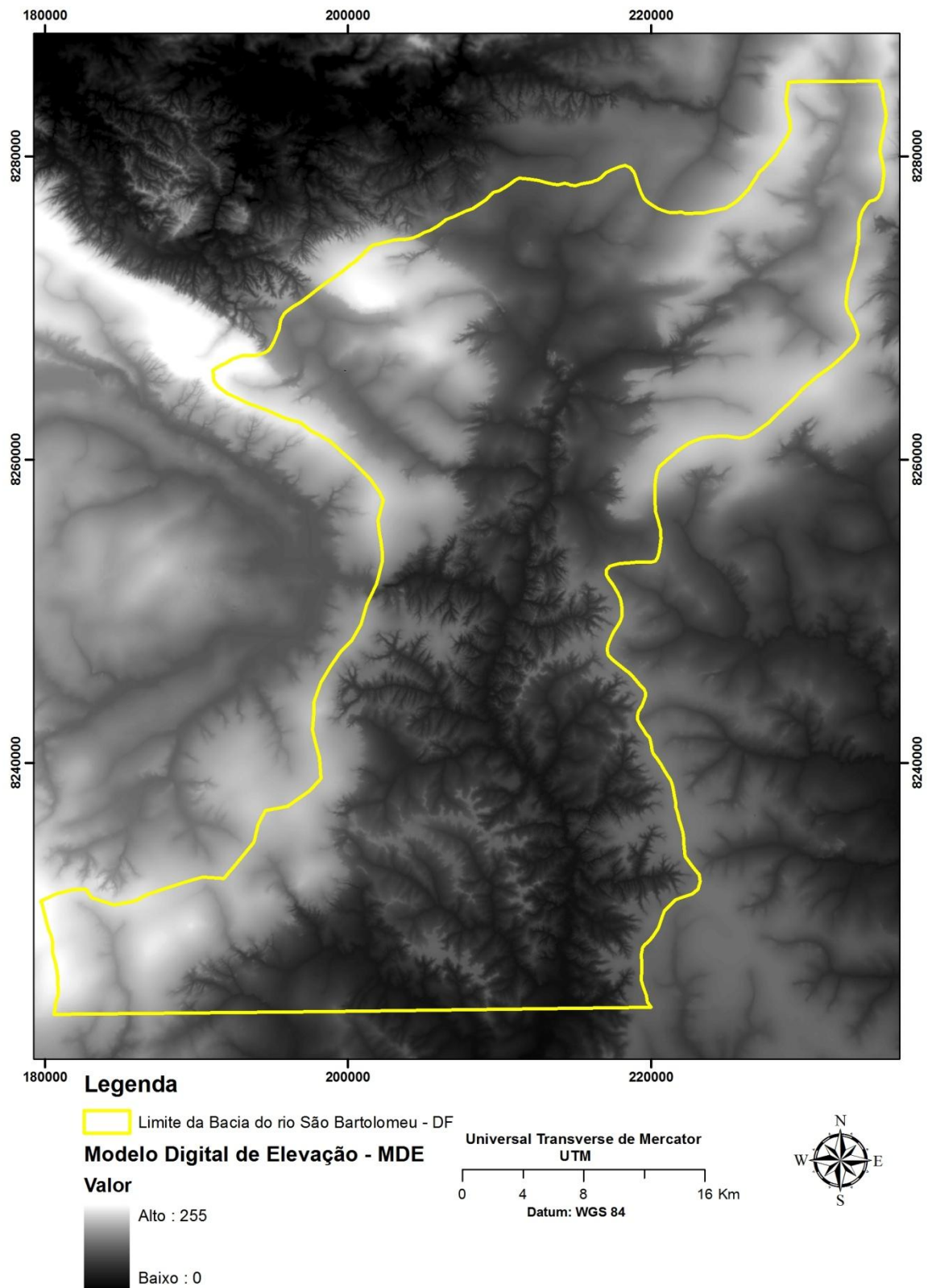
**Figura 7.** Perfil topográfico de porção mais plana (A) e mais montanhosas (B)

O mapa de declividade descreve a inclinação do relevo em relação a linha do horizonte, podendo ser expresso em graus ou em porcentagem. Na interpretação visual da imagem, pode-se dizer que, as cores mais escuras representa: paredões e bordas de chapadas. Já as cores mais claras representam: planícies e fundos de vales (Figura 11).

O atributo convexidade em perfil determina as formas das vertentes em uma secção vertical da vertente em côncavas, retilíneas e convexas. Os valores positivos correspondem a

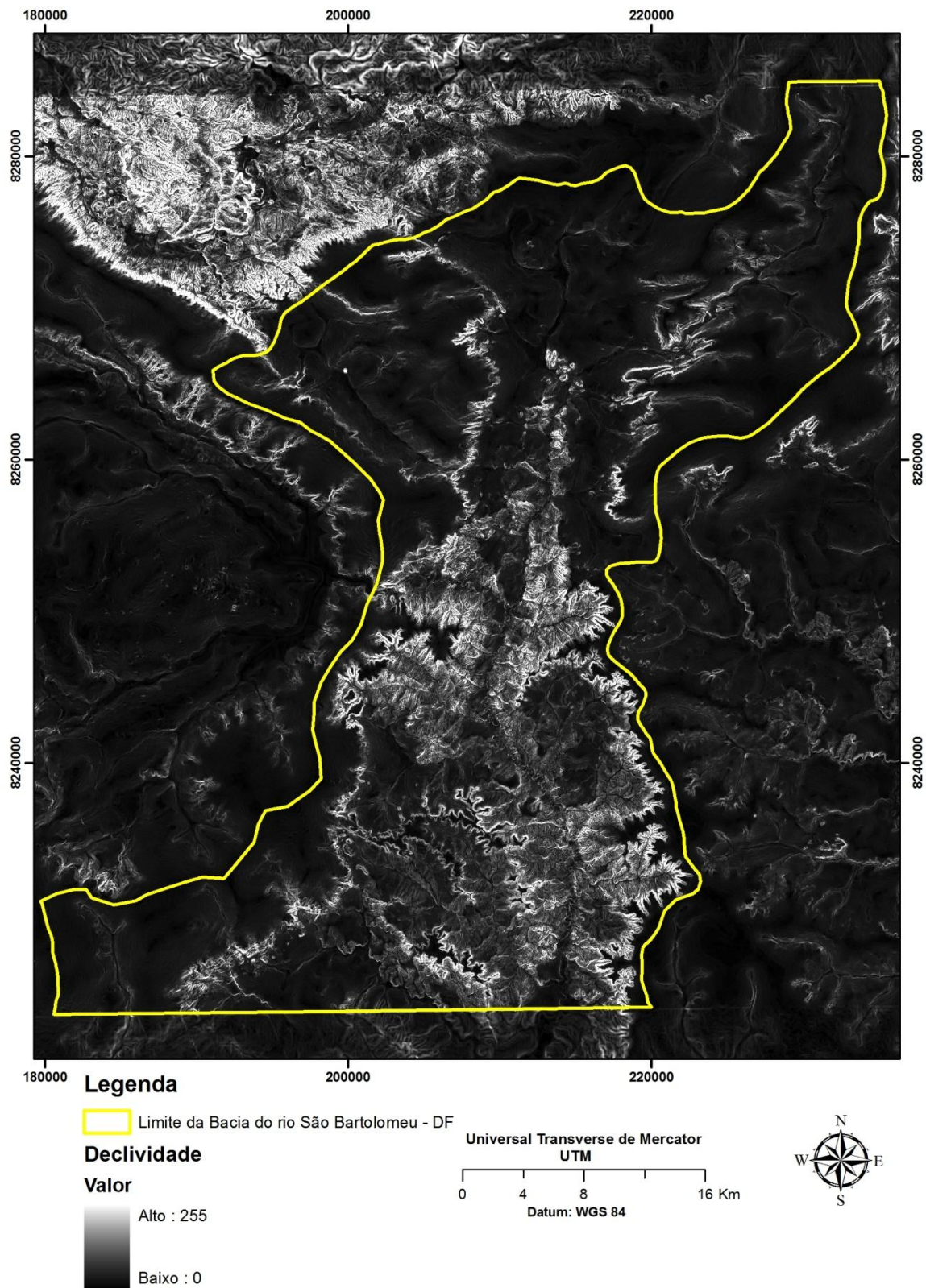
forma convexa, que tem como característica o aumento gradual do ângulo de declividade do topo para a drenagem. Os padrões retilíneos mostram ângulos constantes próximos de zero e pode ocorrer tanto em ambientes com inclinação constante quanto em superfícies planas. As áreas côncavas apresentam uma redução dos ângulos de curvatura em direção a jusante permitindo o acúmulo de água e tornando lenta a sua dissipação (Figura 12). A análise da convexidade do relevo é reconhecida como um atributo importante para a distinção de sítios geomorfológicos, estudada desde os trabalhos de Davis (1892) e Gilbert (1909).

Para a bacia em estudo as composições que melhor individualizaram as classes de solo foram compostas por: MDE (R), declividade (G) e Convexidade em perfil (B). Na interpretação visual da imagem, pode-se observar que a partir dos padrões de cores e de interpretação visual, e possível relatar que: a cor vermelha representa a parte mais alta da área de estudo (Chapadas), a cor amarela/verde as partes de baixadas (escarpas, rampas, Borda de Chapadas..) e a cor azul a parte baixa (Planícies).

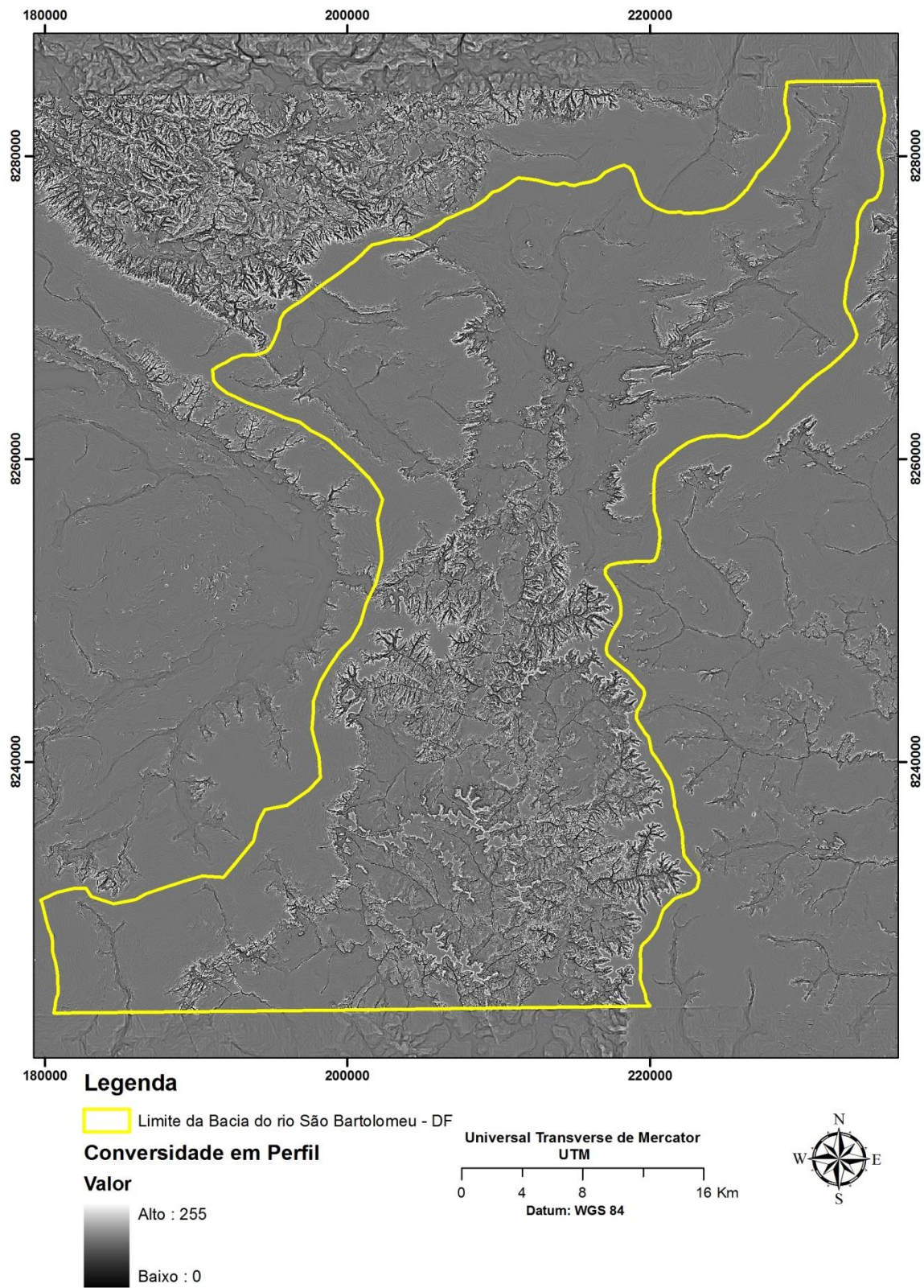


**Figura 8.** MDE da bacia hidrográfica do São Bartolomeu.

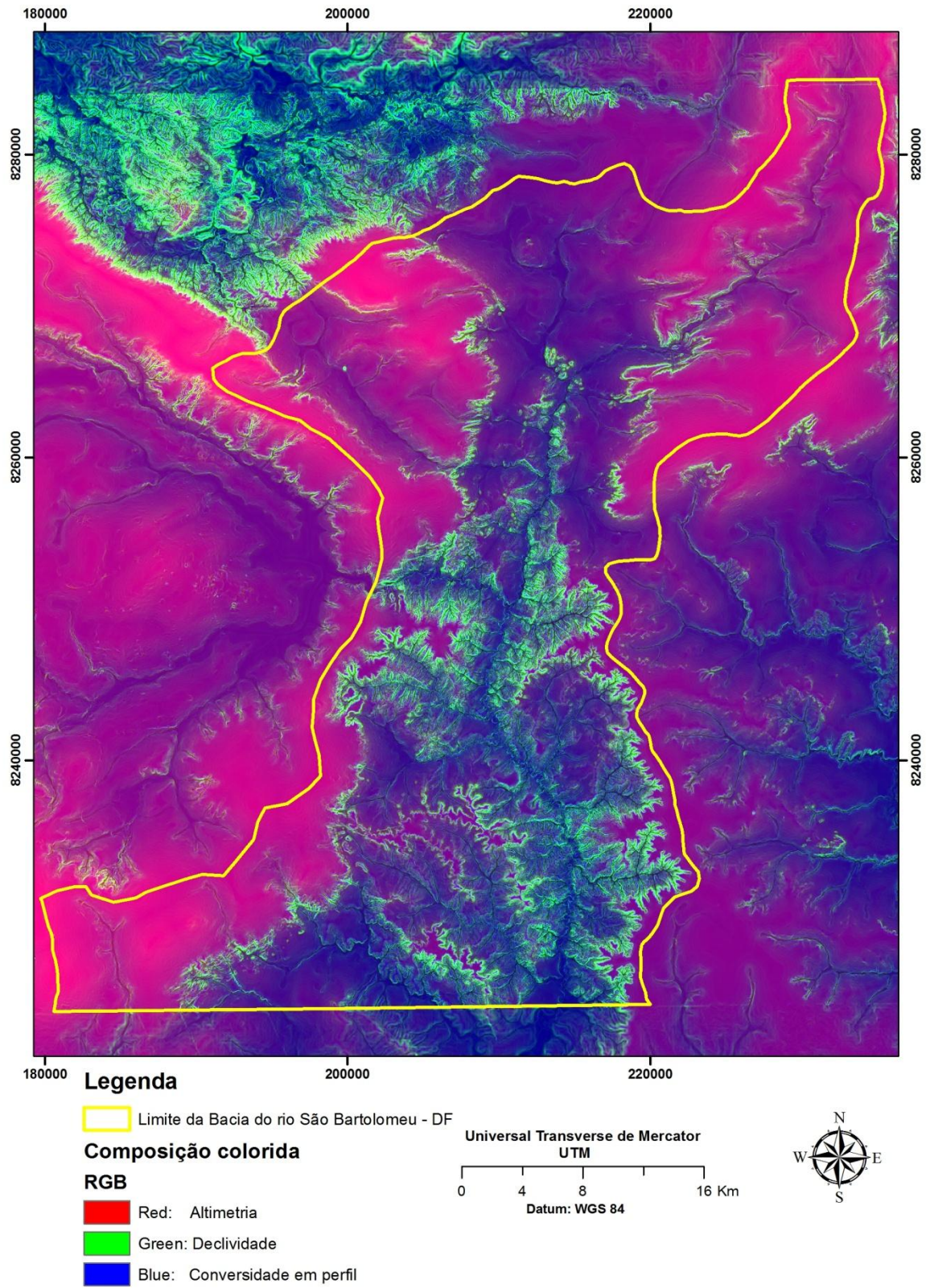




**Figura 9.** Mapa de declividade da bacia hidrográfica do São Bartolomeu.



**Figura 10.** Mapa de convexidade em perfil da bacia do rio São Bartolomeu DF.



**Figura 11.** Composição colorida da bacia do Rio São Bartolomeu DF.

## **4.2. Resultados da interpretação visual das áreas úmidas por interpretação visual de imagens de satélite**

O processamento digital de imagens (PDI) é entendido como a análise e a manipulação de imagens por computador, cuja finalidade é identificar e extrair informações da imagem e transformar a imagem de tal modo que a informação seja mais facilmente discernível por um analista humano (Crósta, 1992).

A nossa capacidade visual nós permite identificar em tela dos computadores padrões distintos nas imagens, porém não conseguimos processar o grande volume de informação que podemos retirar/identificar em uma imagem de satélite.

O sensoriamento remoto tem sido uma ferramenta importante no auxílio de identificações de classes de solos e no reconhecimento de sua distribuição espacial, dentre outros atributos.

A partir da imagem de satélite foi realizada uma classificação preliminar dos ambientes em secos e úmidos (Figura 12). Em seguida, foi realizada uma nova classificação na classe úmida (Figura 13).

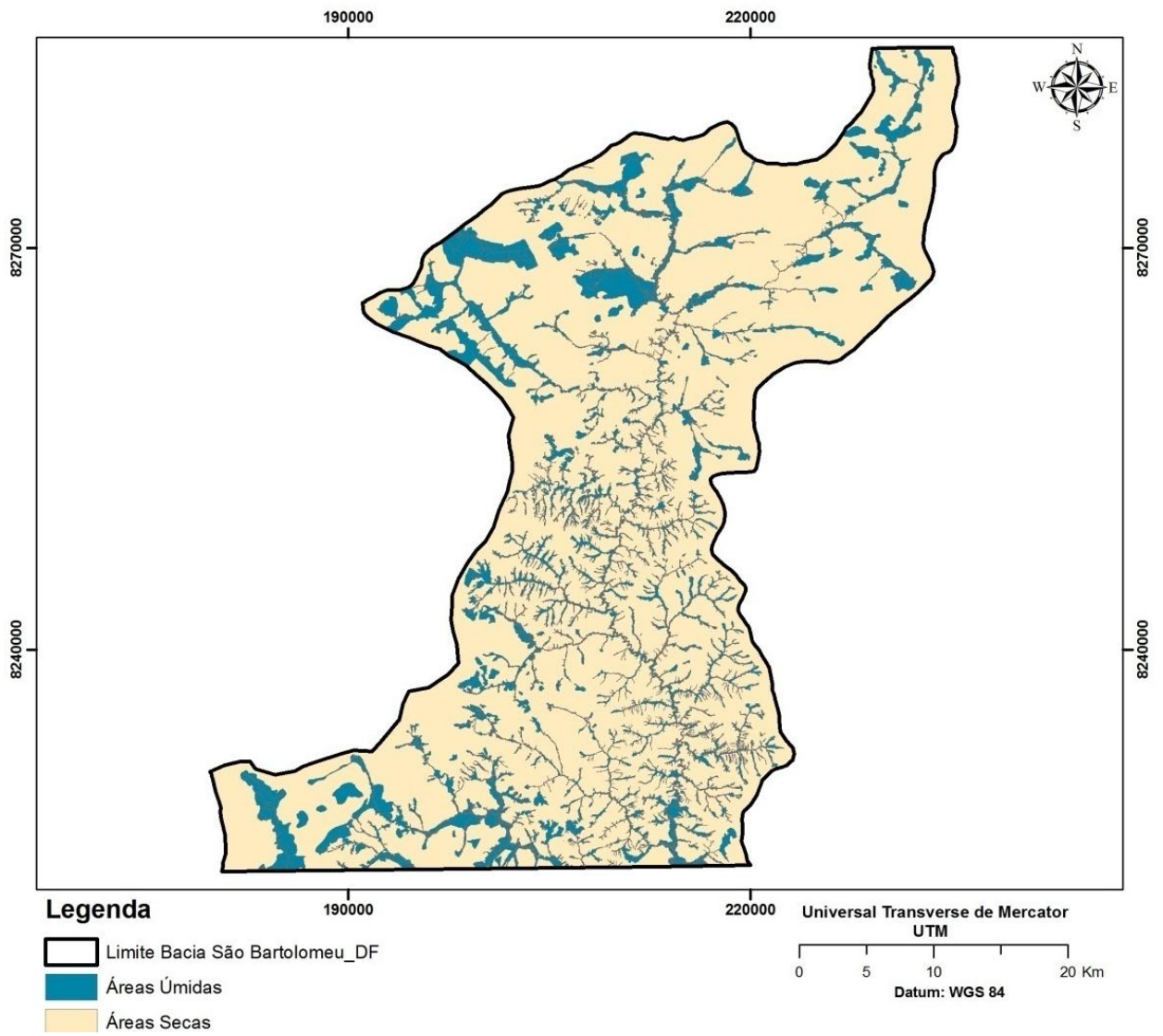


Figura 12: Mapa das áreas úmidas e secas da bacia do Rio São Bartolomeu DF.

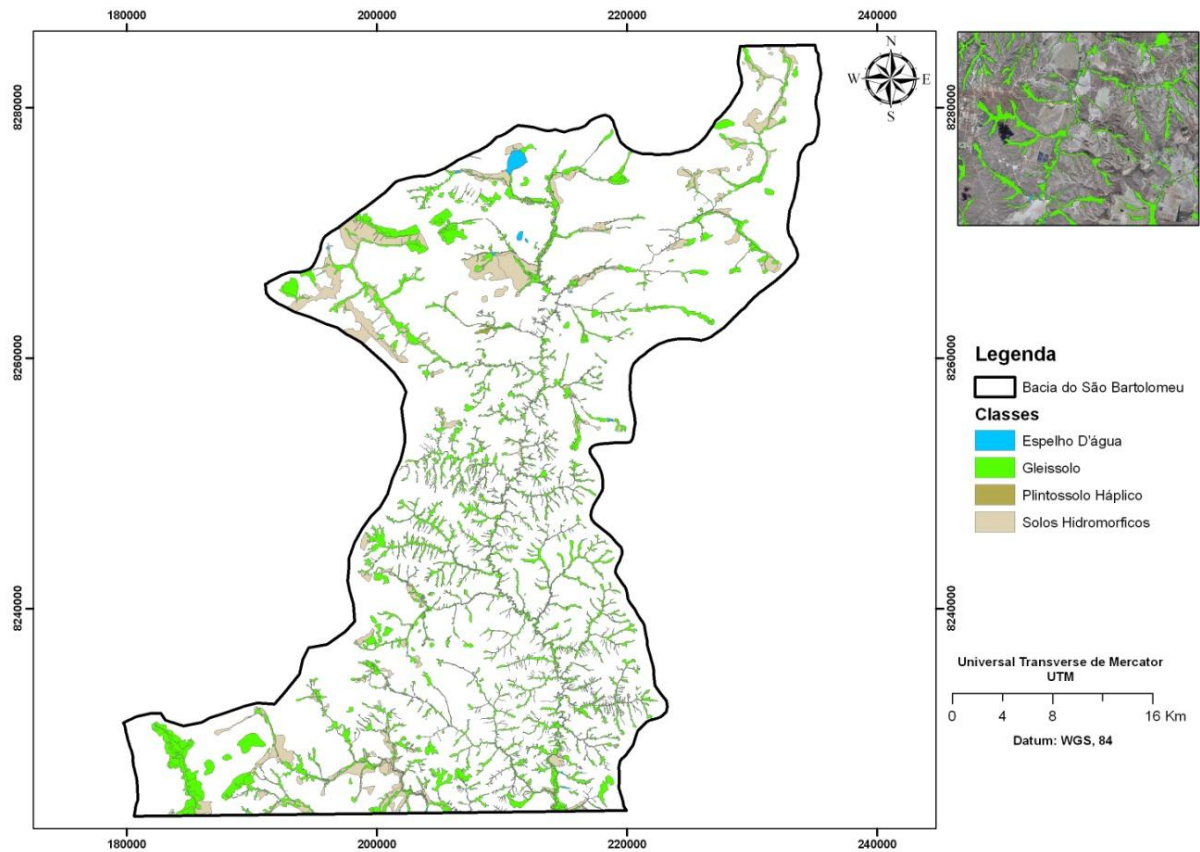


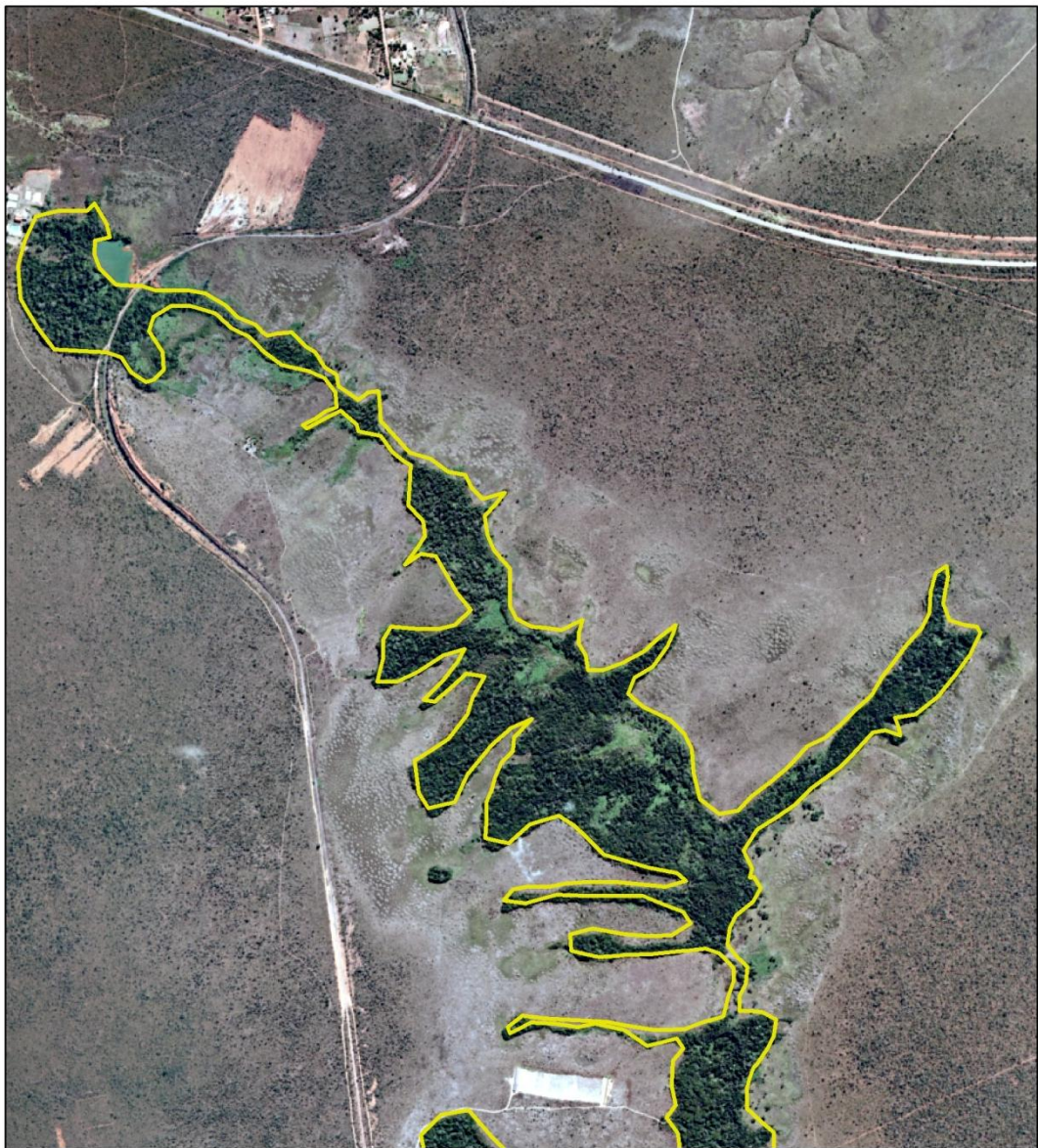
Figura 13: Mapa dos solos hidromórficos

Com o auxílio de uma imagem Spot de alta resolução foi feita a digitalização das classes de solos hidromórficos na escala de 1:10.000. No entanto, em algumas regiões onde o relevo é mais movimentado foi necessário o aumentada da escala para 1:5.000 para permitir visualizar os limites das classes. As unidades/classes de solos foram confirmadas com o trabalho de campo e coleta de amostras de solos. Nas Figura 14 e 15 e demonstrado a forma de identificação e vetorização das classes de solos hidromórficos encontrados na bacia do rio sãp Bartolomel que faz parte do Disrito Federal.



 Plintossolo

Figura 14: Visualização da imagem de satélite do padrão classe de solo hidromorfo



**Legenda**

 Solos Gleissolos

Figura 15: Visualização da imagem de satélite do padrão classe de solo hidromorfo



### 4.3. Análise física e química dos solos amostrados

A primeira relação de métodos químicos para caracterização de solos foi apresentada por Paiva Netto et al. (1946) com a finalidade de reunir os conhecimentos da Seção de Pedologia de mais de uma dezena de anos.

Devido a grandes extensões e por não haver possibilidade de examinar um solo por inteiro, as coletas de solos demonstra ser, uma eficiente estratégia para realizar a caracterização física de um solo (Figura 15). Porém erros cometidos durante o procedimento de amostragem podem colocar em risco todo o trabalho de análise. Diferentemente da análise química, a física vale-se de dois tipos de amostras: "deformadas" e "indeformadas". A deformada refere-se ao solo solto, coletado com pá ou trado.

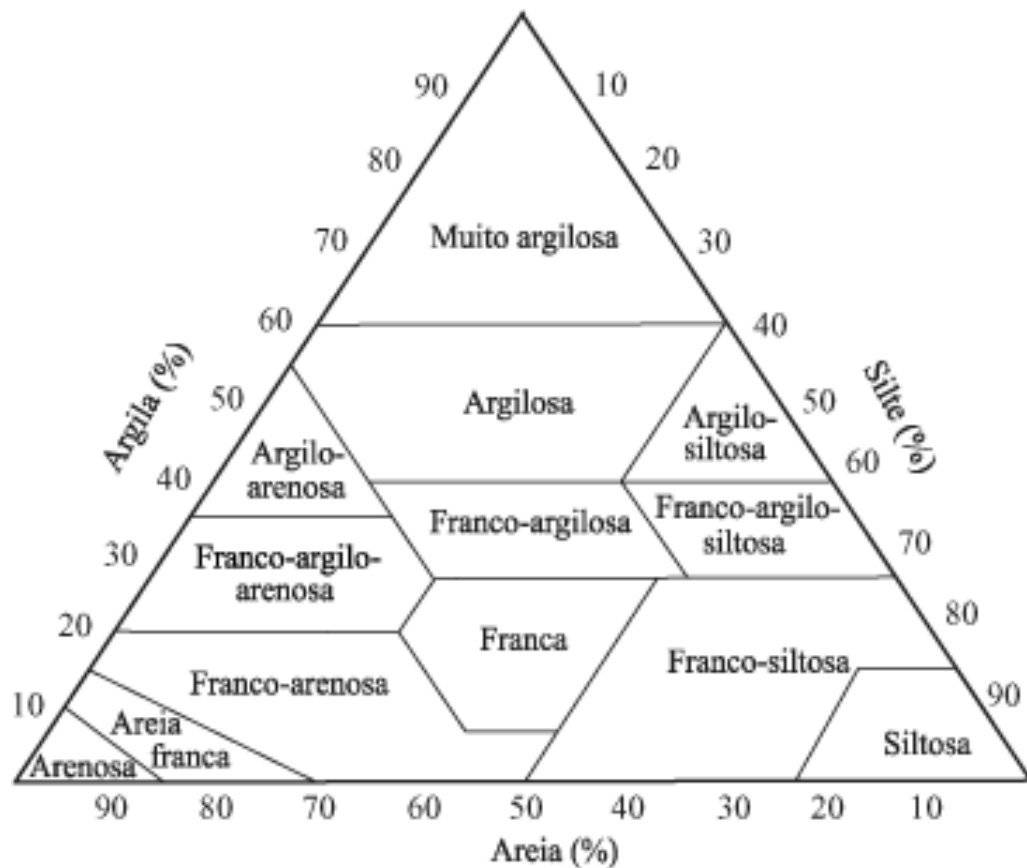


Figura 16: triângulo textural

Para classificação dos solos hidromorficos, foram feitas análises físico-química das amostras coletas em campo. Para as análises químicas, as amostras foram secas ao ar livre, peneiradas e preparadas para análise. A caracterização química foi feita por meio dos procedimentos de rotina em que se extrai a terra fina seca ao ar (TFSA) para análise de matéria orgânica, carbono orgânico, pH em H<sub>2</sub>O, pH em KCl, alumínio trocável, cálcio, magnésio, fósforo, potássio; hidrogênio e alumínio (Embrapa, 1997).

Na caracterização física a granulométrica considerou as frações areia, silte e argila na TFSA. Os solos analisados foram classificados conforme a textura arenosa media argilosa, muito argilosa e siltosa de acordo com o triangulo textural de solos.

Os conhecimentos adquiridos com os resultados químicos e físicos das amostras e as observações de campo, contribui para explicar fenômenos ligados ao meio ambiente e produtividade das culturas.

#### **4.4. Mapa de Solos da bacia do Rio São Bartolomeu.**

O mapa de solos é um conjunto de informações que indica e expressa os diferentes tipos de solos de uma determinada região. O emprego da análise geográfica permite estabelecer critérios para a identificação, comparação e classificação das unidades de solos.

O mapa de solos (figura 16) apresentado é a junção das classes de solso já identificadas do mapa apresentado pela Reatto 2004; com as classes de solos hidromorficas identificadas.

Abaixo segue uma sucinta descrição das classes encontradas na bacia do rio São Bartolomeu:

## **CAMBISSOLOS**

São solos que apresentam horizonte rasos, indicando poucas alterações físicas e químicas, porém suficiente para desenvolvimento de cor e estrutura. Geralmente, apresentam minerais primários facilmente intemperizáveis, teores mais elevados de silte, indicando baixo grau de intemperização. Esse horizonte subsuperficial é denominado B incipiente.

## **LATOSSOLOS**

Os Latossolos são solos bastantes intemperizados, resultantes da remoção de sílica e de bases trocáveis do perfil. São solos que possuem formas de relevo predominantes, no Bioma Cerrado são residuais de superfícies de aplainamento, conhecidas regionalmente como chapadas ou chapadões, que apresentam topografia plana a suave-ondulada.

## **GLEISSOLO HÁPLICO (GX)**

Os Gleissolos são solos hidromórficos, que ocupam, geralmente as depressões da paisagem, sujeitas a inundações. Estes solos possuem problemas de drenagem, ocorrendo, com frequência, camada escura de matéria orgânica mal decomposta sobre uma camada acinzentada (gleizada), resultante de ambiente de oxiredução. São solos minerais hidromórficos, com séria restrição à percolação de água, encontrados em situações de alagamento permanente.

## **NEOSSOLO FLÚVICO (RU)**

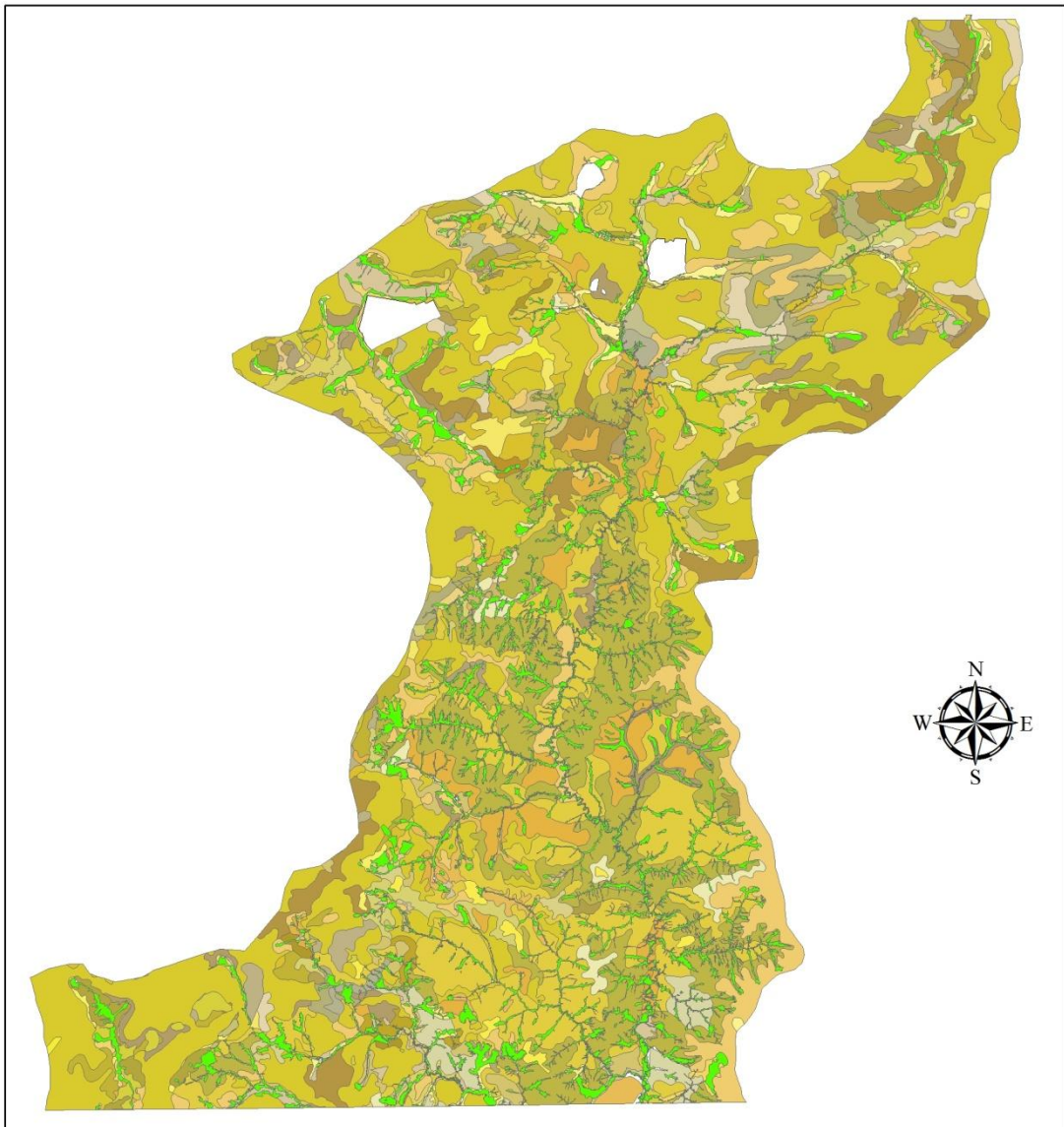
Anteriormente denominados Solos Aluviais (A). São solos pouco evoluídos, não hidromórficos, formados em depósitos aluviais recentes. Apresentam horizonte A seguido de uma sucessão de camadas estratificadas sem relação pedogenética entre si. Não possuem horizonte diagnóstico.

## **NEOSSOLO LITÓLICO (RL)**

Anteriormente denominados Solos Litólicos (R). São solos rasos, associados a muitos afloramentos de rocha. São pouco evoluídos, com horizonte A assentado diretamente sobre a rocha (horizonte R) ou sobre o horizonte C pouco espesso. Normalmente, ocorrem em áreas bastante acidentadas, relevo ondulado, forte ondulado até montanhoso.

## **NEOSSOLO QUARTZARÊNICO (RQ)**

Anteriormente denominados de Areias Quartzosas (AQ). Geralmente, são solos profundos (pelo menos 2 m), apresentando textura arenosa ou franco-arenosa, constituídos essencialmente de quartzo, com máximo de 15% de argila e seqüência de horizontes do tipo A-C. Morfologicamente, são camadas de areia não consolidadas, cuja estrutura é fraca, pouco coerente e constitui basicamente grãos simples.



**Legenda**

Classes											
CXd17	CXd8	Hi1	LVAAd11	LVAAd8	NVe3						
CXd1	CXd18	CXd9	Hi2	LVAAd12	LVAAd9	PVAe2					
CXd10	CXd19	EKg	Hi3	LVAAd13	LVd1	PVAe1					
CXd11	CXd2	FX	Hi4	LVAAd14	LVd2	PVAe2					
CXd12	CXd3	FXd1	Hi5	LVAAd2	LVd3	PVAe3					
CXd13	CXd4	GXd1	Hi7	LVAAd3	LVd4	RQd1					
CXd14	CXd5	GXd2	Hi9	LVAAd4	LVd6	RQd2					
CXd15	CXd6	GXd3	LVAAd1	LVAAd5	NVe1	espelho d'água					
CXd16	CXd7	GXd5	LVAAd10	LVAAd6	NVe2	urbana					

0 4 8 16 Km

Figura 17: Mapa de solos da bacia do rio São Bartolomeu – DF.

A figura 16 representa o mapa de solos proposto pela Reatto 2004 com as classes de solos hidromórficos identificados no presente trabalho. A seguir segue uma descrição das pré classes de solos hidromórficos identificadas..

### **Plintossolo**

FXd1 – Plintossolo A moderado, Relevo Plano e Suave Ondulado e Ondulado, fase Parque de Cerrado;

FXd2 – Plintossolo A moderado, Relevo Plano e Suave Ondulado e Ondulado, fase Campo de Murundu;

FXd3 – Plintossolo A moderado, Relevo Plano e Suave Ondulado e Ondulado, fase Campo de Úmido.

### **Gleissolo**

GXd1 – Gleissolo A moderado, Relevo Suave Ondulado e Ondulado, fase Mata de Galeria;

GXd2 – Gleissolo A moderado, Relevo Suave Ondulado e Ondulado, fase Vereda;

GXd3 – Gleissolo A moderado, Relevo Plano e Suave Ondulado, fase Campo Úmido;

GXd4 – Gleissolo A moderado, Relevo Plano e Suave Ondulado, fase Campo.

GXd5 - Gleissolo A moderado, Relevo Plano e Suave Ondulado, fase Campo de Murundu.

### **Neossolo Flúvico**

RUd1 – Neossolo Flúvico A moderado, Relevo Suave Ondulado e Ondulado, fase Floresta Subcaducifólia.

### **Solos Hidromórficos Indiscriminados**

Hi1 – Solos Hidromórficos Indiscriminados, Relevo Suave Ondulado e Ondulado, fase Floresta Perenifólia de Várzea;

Hi2 – Solos Hidromórficos Indiscriminados, Relevo Plano e Suave Ondulado, fase Mata de Galeria;

Hi3 – Solos Hidromórficos Indiscriminados, Relevo Plano e Suave Ondulado, Parque de Cerrado;

Hi4 – Solos Hidromórficos Indiscriminados, Relevo Suave Ondulado e Ondulado, Campo Hifrófilo de Surgente;

Hi5 – Solos Hidromórficos Indiscriminados, Relevo Suave Ondulado e Ondulado, Campo de Várzea;

## **5. CONSIDERAÇÃO FINAIS**

A região da bacia do rio São Bartolomeu em comparação com as demais bacias que fazem parte do território do Distrito Federal apresenta poucos estudos referentes a mapeamentos pedológicos.

O mapa de solo é a expressão em papel de diversos tipos de ambientes localizada em determinada área. Além de fornecer uma visão panorâmica da grande diversidade de solos, permite visualizar a distribuição espacial das principais classes de solos, fornecendo informações úteis para diversos fins

Para um melhor resultado neste trabalho foi considerada a verotização das classes/unidades de solos hidromórficos como a melhor maneira de expressar os ambientes na região de estudo, porém tal resultado só foi possível através de uma boa imagem de satélite de alta resolução.

A vegetação em muitos casos são indicadores de solos, porém nesta área de estudo, a região apresentava grandes áreas antropicas, áreas e agricultura, sendo suas áreas naturais reduzidas na encosta e em matas ciliares e veredas. Devido a isso em muitos casos não foi possível associar os tipos de solos necessitando dos pontos coletados e o mapa da (Reatto 2004) como forma de confirmação das classes.

Existem vários softwares, técnicas e métodos que visam otimizar um “breve mapeamento” de solos, otimizando assim custos e tempo para a obtenção do mapa de determinada área” porém para tal área de estudo não obtivemos resultados satisfatórios usando o software ENVI – método de classificação supervisionada, devido a área apresentar tipos de relevos distintos, muito heterogêneo. Devido a isso optamos em digitalizar.

Mais este método não se torna satisfatório para grandes áreas, devido ao tempo e a interpretação se houve mais de um digitalizando a área.

O mapeamento de solos é de importância fundamental para diversos fins, um dos exemplos é para o planejamento territorial, mesmo sendo levantamentos simplificados, sem trazer informações para uso local, o mapa contém informação para a compreensão e

avaliação da dinâmica da paisagem local, além de salientar o uso e conservação dos recursos hídricos, corredores de desenvolvimento, sistemas viários e outros. O detalhamento das classes de solos hidromorficos no presente trabalho veio a incorporar novas informações no mapa existente mais detalhando.

O presente trabalho apesar das técnicas usadas não serem com o objetivo de otimizar tempo, resultou em classes de solos hidromorficos com maior riqueza de detalhe, da área de estudo, portanto, se torna eficiente sua utilização para em área de pequeno porte.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SABER A.N. (1977) Os domínios morfoclimáticos na América do Sul; primeira aproximação; **Geomorfologia**, v.53, p.1-23.
- ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y. (1984). **O pré cambriano do Brasil**. São Paulo: Edgard Blucher Ltda., 501 p.
- BAND, L. E. Topographic partition of watersheds with digital elevation models. *Water Resources Research*, 22 (1): 15.
- BORGES, M.E.S., CARVALHO JUNIOR, O. A.; MARTINS, E. S.; ARCOVERDE, G.F.B.; GUIMARÃES, R.F.; GOMES, R.A.T. (2007). Emprego do Processamento Digital dos Parâmetros Morfométricos no Mapeamento Geomorfológico da Bacia do Rio Preto. **Espaço e Geografia**, 10: 401-429,
- BRAUN, O.P.G. (1971). Contribuição à geomorfologia do Brasil Central, **Revista Brasileira de Geografia**, 33 (4): 3-34
- CÂMARA, G. & MEDEIROS, J. S. (1998). Mapas e suas representações computacionais. In: Assad, E. D. & Sano, E. E. (Org.). **Sistemas de Informações Geográficas. Aplicações na Agricultura**. Embrapa, Brasília, 2ª edição, p. 13 – 29.
- CAMPLING, P.; GOBIN, A.; FEYEN, J. (2002) Logistic modeling to spatially predict the probability of soil drainage classes. **Soil Science Society of America Journal**, 66: 1390–1401.
- CAMPOS, E.G.C. (2004). Hidrogeologia do Distrito Federal: bases para a gestão dos recursos hídricos subterrâneos. **Revista Brasileira de Geociências**, 34 (1):41-48.
- CARVALHO, S. S. (2000) Áreas Livres para Ocupação Urbana no Município de Salvador:
- CASTRIGNANO, A.; GIUGLIARINI, L.; RISALITI, R.; MARTINELLI, N. Study of spatial relationships among some soil physico-chemical properties of a field in central Italy using multivariate geostatistics. **Geoderma**, Amsterdam, v. 97, (39-60)
- CIALELLA, A.T.; DUBAYAH, R.; LAWRENCE, W.; LEVINE, E. (1997). Predicting soil drainage class using remotely sensed and digital elevation data. **Photogrammetric Eng. Remote Sensing**, 63: 171–178.
- CNES - CENTRE NATIONAL D'ETUDES SPATIALES Disponível em [http://www.cnes-multimedia.fr/dossiers/spot5/va/pdf/technique\\_va.pdf](http://www.cnes-multimedia.fr/dossiers/spot5/va/pdf/technique_va.pdf) acesso em 15 de junho de 2009.
- CODEPLAN. (1984). Atlas do Distrito Federal. Brasília: CODEPLAN.
- DAVIS, W. M. (1892). The convex profile of badland divides. **Science**, 20: 245.
- DENT, D. & YOUNG, A. (1981). **Soil Survey and Land Evaluation**. London: George Allen & Unwin (Ed.), 278p.
- DOORNKAMP, J. C; KING, C. A. M. (1971) Numerical analysis in Geomorphology: An **Introduction**. London: Edward Arnold Ltd., 372p.
- EMBRAPA. (1978). Levantamento de reconhecimento dos solos do Distrito Federal, *Boletim Técnico*, no. 53, SNLCS, Rio de Janeiro, 455 p.
- EVANS, L.S. & MCCLEAN. C.J. (1995). The land surface is not unifractal: variograms, cirque scale and allometry. **Zeitschrift für Geomorphologie N. F. Suppl**, – Band 101, 127-147.

- EVANS, L.S. (1984). Correlation structures and factor analysis in the investigation of data dimensionality: statical properties of the Wessex land surface. In: International Symposium on Spatial Data Handling'84, **Proceedings**, Geogr. Inst., Universität Zürich, Switzerland, 1:98-116.
- FARIA, A. 1995. **Estratigrafia e sistemas deposicionais do grupo paranoá nas áreas de Cristalina, Distrito Federal e São João D'Aliança - Alto Paraíso de Goiás**. 2001 f. Tese (Doutorado em Geologia). Departamento de Geologia, Universidade de Brasília, Brasília.
- FERRANTE, E.T.; RANCAN, L. & NETTO, P.B. (2001). Meio - físico clima. In: FONSECA, F.O. (Org.). **Olhares sobre o Lago Paranoá**. Brasília, Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Distrito Federal, v.1. CD ROOM.
- FREITAS-SILVA, F. H. & CAMPOS, J. E. G. (1999). Geologia do Distrito Federal. In: **Inventário hidrogeológico e dos recursos hídricos superficiais do Distrito Federal**. Brasília: SEMATEC, IEMA, MMA-SRH, 1 CD-ROM.
- FUNDAÇÃO BANCO DO BRASIL (2010). **Rio São Bartolomeu: Preservação e recuperação em busca da sustentabilidade**. Brasília.
- GILBERT, G.K. (1909). The convexity of hilltops. **Journal of Geology**, 17 (4): 344-350.
- HUTCHINSON, M.F. (1989) A new procedure for gridding elevation and stream line data with automatic removal of spurious pits. **Journal of Hydrology**, 106: 211-232.
- KIEHL, E.J. ( 1979) **Manual de edafologia, relações solo – planta**. São Paulo, Ceres, (264).
- KING, L.C. (1956) A geomorfologia do Brasil Central. **Revista Brasileira de Geografia**, 18 (2): 147-265.
- KOROLYUK, T.V.; SHCHERBENKO, H.V. (1994). Compiling soil maps on the basis of remotely sensed data digital processing: soil interpretation. **International Journal Remote Sensing**, 15: 1379–1400.
- LEE, K.-S.; LEE, G.B.; TYLER, E.J. (1988a) Determination of soil characteristics from Thematic Mapper data of a cropped organic–inorganic soil landscape. **Soil Science Society of America Journal**, 52: 1100–1104
- LEE, K.-S.; LEE, G.B.; TYLER, E.J. (1988b) Thematic Mapper and digital elevation modeling of soil characteristics in hilly terra. **Soil Science Society of America Journal**, 52: 1104–1107.
- LEVINE, E.R.; KNOX, R.G.; LAWRENCE, W.T. (1994) Relationships between soil properties and vegetation at the Northern Experimental Forest, Howland, Maine. **Remote Sens. Environ.** 47: 231–241.
- LOBELL, D.B.; ASNER, G.P. (2002) Moisture effects on soil reflectance. **Soil Science Society of America Journal**, 66: 722–727.
- LOZANO-GARCIA, D.F., FERNANDEZ, R.N., JOHANNSEN, C. (1991). Assessment of regional biomass–soil relationships using vegetation indexes. **IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.** 29: 331–339.
- MARINI, O.J.; DARDENNE, M.A.; FUCK, R.A.; DANNI, J.C.M. (1979a). **Mapa Geológico da Faixa Brasília, Escala 1:2.000.000**. Brasília: Universidade de Brasília. (Publicação Interna).

- MARINI, O.J.; FUCK, R.A.; DANNI, J.C.M.; DARDENNE, M.A. (1979b). A evolução geotectônica da Faixa Brasília e do seu embasamento. In: Simpósio sobre o Cráton do São Francisco e suas Faixa Marginais, 1. Salvador, 1979. **Anais...** Salvador, SBG. p. 100-115.
- MARINI, O.J.; FUCK, R.A.; DANNI, J.C.M.; DARDENNE, M.A.; LOGUERCIO, S.O.C.; RAMALHO, R. (1984). As faixas de dobramentos Brasília, Uruaçu e Praguai-Araguaia e o Maciço Mediano de Goiás. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.A.; DERZE, G.R.; ASMUS, H.E. (Orgs.). **Geologia do Brasil**. Rio de Janeiro: DNPM. 501 p.
- MARTINS, E.S. (2000). **Petrografia, mineralogia e geomorfologia de rególitos lateríticos no Distrito Federal**. 196 f. Tese (Doutorado em Geologia), Departamento de Geologia, Universidade de Brasília, Brasília.
- MARTINS, E.S.; BAPTISTA, G. M. M. (1999). Compartimentação geomorfológica do Distrito Federal. In: **Inventário hidrogeológico e dos recursos hídricos superficiais do Distrito Federal**. Brasília: SEMATEC: IEMA: MMA-SRH, Cap. 2, 1 CD-ROM.
- MARTINS, E.S.; REATTO, A.; DE CARVALHO JR.; O.A. & GUIMARÃES, R.F. (2004) Evolução geomorfológica do Distrito Federal. **Documentos, Embrapa Cerrados**, 122: 1-57.
- MARTZ, L.W. & GARBRECHT, J. (1992) Numerical definition of drainage network and subcatchment areas from digital elevation models. **Computers and Geosciences**, 18 (6): 747-761.
- MCBRATNEY A.B.; MENDONÇA SANTOS, M.L.; MINASNY, B. (2003) On digital soil mapping. **Geoderma**, 117: 3– 52.
- MCKENZIE, N.J. & AUSTIN, M.P. (1993). A quantitative Australian approach to medium and small scale surveys based on soil stratigraphy and environmental correlation. **Geoderma**, 57: 329–355.
- MCKENZIE, N.J. & RYAN, P.J. (1999). Spatial prediction of soil properties using environmental correlation. **Geoderma**, 89: 67– 94.
- MIZUKOSHI, H. & ANYIA, M. (2002). Use of contour-based DEMs for deriving and mapping topographic attributes. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 68 (1): 83-93.
- MOORE, I. D.; GESSLER, P. E.; NIELSEN, G. A.; PETERSON, G. A. (1993). Soil attribute prediction using terrain analysis. **Soil Science Society of America Journal**, 57 (2): 443-452.
- MOORE, I. D.; GRAYSON, R. B.; LADSON A. R. (1991). Digital terrain modeling: a review of hydrological, geomorphological and biological applications. **Hydrological Processes**, 5: 3-30.
- MORAN, M.S.; INOUE, Y.; BARNES, E.M. (1997) Opportunities and limitations for image-based remote sensing in precision crop management. **Remote Sens. Environ.**, 61: 319–346.
- NOVAES PINTO, M. (1994). Caracterização geomorfológica do Distrito Federal. In: Novaes Pinto, M. (Org.). **Cerrado: Caracterização, Ocupação e Perspectivas**. Brasília: Editora da UnB, 2º Ed. p. 285-344.
- OLIVEIRA, S.N.; CARVALHO JUNIOR, O.A.; SILVA, T.M.; GOMES, R.A.T.; MARTINS, E.S.; GUIMARÃES, R.F.; SILVA, N.C. (2007). Delimitação automática de bacias de drenagens e análise multivariada de atributos morfométricos usando modelo digital de elevação hidrológicamente corrigido. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 8: 3-21.

- PAIVA NETO, J.E. de; CATANI, R.A.; QUEIROZ, M.S. & KÜPPER, A. (1946) Contribuição ao estudo dos métodos analíticos e de extração para caracterização química dos solos do Estado de São Paulo. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, 21: (417-458).
- PIKE, R. (1988). The geometric signature: quantifying landslide-terrain types from digital elevation models. **Mathematical Geology**, 20 (5): 491-511.
- PRATT, W K. (1991). **Digital image processing**. New York: John Wiley & Sons.
- QUINN, P.F.; BEVEN, P.; CHEVALLIER, P.; PLANCHON, O. (1991). The prediction of hillslope flow paths for distributed hydrological modeling using digital terrain models. **Hydrological Processes**, 5: 59-79.
- REATTO, A., MARTINS, E.S., FARIAS, M.F.R., DA SILVA, A.V., DE CARVALHO JR., O.A., 2004 **Mapa Pedológico digital SIG atualizado do Distrito Federal, escala 1:100.000 e uma Síntese do Texto Explicativo**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. 31 p.
- RIBEIRO, J.F. & WALTER, B.M.T. 1998. Fitofisionomias do bioma cerrado. In: Sano S.M. & Almeida, S.P. (Eds.). **Cerrado: ambiente e flora**. Embrapa Cerrados, Planaltina, DF. p.89-166.
- ROSA, R. & BRITO, J.L. (1996). **Introdução ao geoprocessamento: sistema de informação geográfica**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 104 p.
- SCHIMIDT, J. & DIKAU, R. (1998). Extracting geomorphometric attributes and objects from digital elevation models – semantics, methods, future needs. In: Dikau, R. and Saurer, H. (eds) GIS in physical geography. Berlin: Gebrüder Borntraeger. p. 153-173.
- SKIDMORE, A.K., RYAN, P.J., DAWES, W., SHORT, D., O'LOUGHLIN, E. (1991). Use of an expert system to map forest soils from a geographical information system. **International Journal of Geographical Information Science**, 5: 431– 445.
- SKIDMORE, A.K.; RYAN, P.J.; DAWES, W.; SHORT, D.; O'LOUGHLIN, E. (1991) Use of an expert system to map forest soils from a geographical information system. **International Journal of Geographical Information Science**, 5: 431– 445.
- TURCOTTE, R.; FORTIN, J.P.; ROUSSEAU, A.N.; MASSICOTTE, S. & VILLENEUVE, J.P. (2001) Determination of the drainage structure of a watershed using a digital elevation model and a digital river and lake network. **Journal of Hidrology**, 240: 225-242.
- VASCONCELOS, V.; CARVALHO JUNIOR, O.A.; MARTINS, E.S.; COUTO JUNIOR, A.F.; GUIMARAES, R.F.; GOMES, R.A.T. (2012). Sistema de Classificação Geomorfométrica baseado em uma arquitetura sequencial em duas etapas: Árvore de Decisão e Classificador Espectral, no Parque Nacional da Serra da Canastra. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 13: 171-186.
- WANG, X. & YIN, Z.-Y. (1998). A comparison of drainage networks derived from digital elevation models at two scales. **Journal of Hidrology**, 210: 775-786.
- WLADIS, D. (1999). Automatic lineament detection using Digital Elevation Models with second derivative filters. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 65 (4): 453-458.
- ZHU, A.X.; BAND, L.E.; VERTESSY, R. & DUTTON, B. (1997). Derivation of soil properties using a soil land inference model (SoLIM). **Soil Science Society of America Journal**, 61: 523– 533.