



Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Laboratório de Sensoriamento e Análises Espaciais

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM
GEOPROCESSAMENTO**

**ANÁLISE DE SUSCEPTIBILIDADE À EROÇÃO NA UNIDADE
HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO EXTREMA - DF**

Daniela Cappellessio Mangoni

Orientador: Paulo Henrique Bretanha Junker Menezes

**MONOGRAFIA DE CONCLUSÃO DE CURSO DE
ESPECIALIZAÇÃO**

**BRASÍLIA
2012**



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM
GEOPROCESSAMENTO

**ANALISE DE SUSCEPTIBILIDADE À EROÇÃO NA UNIDADE
HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO EXTREMA - DF**

Daniela Cappellesso Mangoni

Orientador: Paulo Henrique Bretanha Junker Menezes

MONOGRAFIA DE CONCLUSÃO DE CURSO DE
ESPECIALIZAÇÃO

COMISSÃO JULGADORA

	Nome	Assinatura
Presidente:	Prof. Paulo Henrique Bretanha Junker Menezes	_____
Examinadores:	Prof. Dr. Edilson de Souza Bias	_____
	Prof. Dr. Tatiana Diniz Gonçalves	_____



AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por sempre iluminar os meus caminhos e por não permitir que eu desanimasse, nem mesmo nos momentos mais difíceis.

Agradeço aos meus pais, Valdir e Lúcia e ao meu irmão Tiago, por todos os exemplos, conselhos e tempo dedicado a mim, por serem sempre a minha base sólida que não me deixa desmoronar.

Agradeço ao meu marido Tiago, por ter aceitado dividir uma vida ao meu lado e por sempre me apoiar nas minhas decisões.

Agradeço aos meus familiares e amigos, por me darem força em todas as horas e compartilharem comigo os momentos de descontração.

Agradeço aos meus colegas de trabalho, da MRS Estudos Ambientais, por contribuírem com o meu crescimento profissional e pessoal.

Agradeço ao meu Orientador Paulo Henrique, pela dedicação na realização desse trabalho.

Enfim, Agradeço a todos que me ajudaram direta ou indiretamente no decorrer do curso e na realização desse trabalho.



RESUMO

A erosão é, atualmente, considerada um grande problema, principalmente em regiões que são voltadas para a exploração agropecuária. Mesmo sendo um processo natural pode ser potencializada pelas ações humanas, sendo causa do empobrecimento do solo, com difícil recuperação e impacto nos recursos hídricos. Nesse sentido, o objetivo desse estudo é gerar um mapa de Susceptibilidade à Erosão na Unidade Hidrográfica do Ribeirão Extrema, área representada por terras totalmente rurais utilizadas na exploração agropecuária e identificar regiões que necessitem de medidas preventivas para redução de escoamento superficial, proveniente da fragilidade natural do solo ou do tipo de Uso e ocupação desse solo. Para isso foram utilizadas técnicas e ferramentas de Sistema de Informação Geográfica (SIG) que auxiliaram na geração e análise de dados a partir de sobreposição ponderada.

Avaliando o resultado da susceptibilidade à erosão nota-se que boa parte da área da Unidade (77,21 %), é referente à um nível médio de susceptibilidade à erosão, 12,91% corresponde a Alta Susceptibilidade, 7,29% Baixa Susceptibilidade e apenas 2,6 % da área da Unidade Hidrográfica está sujeita à um nível Muito Alto de susceptibilidade à erosão.

Palavras-chave: Exploração Agropecuária Susceptibilidade à Erosão, Sobreposição Ponderada.



ABSTRACT

Erosion is currently considered a major problem, especially in regions where agriculture's exploitation predominates. Despite being a natural process, it can be enhanced by human actions, and because of soil depletion, with difficult recovery and impact on water resources. Accordingly, the objective of this study is to generate a map of erosion susceptibility in Ribeirão Extreme Hydrographic Unit, represented by an area entirely rural land used for agricultural exploitation and identify areas that require preventive actions to reduce runoff, from the natural fragility of soil or type of use and occupancy of the soil. For this, it was used tools and techniques of Geographic Information System (GIS) that assisted in the generation and analysis of data from overlapping weighted.

Evaluating the result of erosion susceptibility, note that much of the area Unit (77.21%), refers to a medium level of susceptibility to erosion, 12.91% corresponds to High Susceptibility, 7.29% Low Susceptibility and only 2.6% of the area of the Hydrographic Unit is subject to a level of Very High susceptibility to erosion.

Keywords: Agricultural Exploration, Erosion Susceptibility, Overlapping Weighted.



ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
2	OBJETIVO	2
3	ÁREA DE ESTUDO	2
3.1	USO DO SOLO	4
3.2	SOLOS	7
3.2.1	<i>Neossolos Quartzarênicos</i>	8
3.2.2	<i>Cambissolos</i>	9
3.2.3	<i>Latossolos</i>	9
3.2.4	<i>Gleissolos</i>	10
3.3	CLIMA	10
3.4	GEOMORFOLOGIA	11
3.4.1	<i>Platô</i>	11
3.4.2	<i>Relevo Colinoso</i>	11
3.4.3	<i>Relevo de Morros</i>	11
3.4.4	<i>Relevo de Morros com Vertentes Suavizadas</i>	12
3.4.5	<i>Relevo de Morrotes</i>	13
4	MATERIAIS E MÉTODOS	13
4.1	PRÉ PROCESSAMENTO	13
4.1.1	<i>Fator Solo</i>	14
4.1.2	<i>Fator Uso do Solo</i>	15
4.1.3	<i>Fator Declividade</i>	15
4.2	INTEGRAÇÃO DE DADOS	19
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
6	CONCLUSÃO	22
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23



ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO DA UNIDADE HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO EXTREMA	3
FIGURA 2 - ZONEAMENTO DE ACORDO COM O PDOT 2012	4
FIGURA 3 - USO DO SOLO NA UNIDADE HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO EXTREMA	6
FIGURA 4 - PEDOLOGIA DA UNIDADE HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO EXTREMA.....	8
FIGURA 5 - GEOMORFOLOGIA NA DA UNIDADE HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO EXTREMA	12
FIGURA 6 - FLUXOGRAMA PRÉ-PROCESSAMENTO	13
FIGURA 7 – FERRAMENTA CLIP	14
FIGURA 8 – FERRAMENTA FILL	
FIGURA 9 - PREPARAÇÃO DOS DADOS.....	18
FIGURA 10 - SUPERPOSIÇÃO PONDERADA.....	19
FIGURA 11 - SUSCEPTIBILIDADE À EROSÃO NA UNIDADE HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO EXTREMA	21

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - USO DO SOLO NA UNIDADE HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO EXTREMA.	6
TABELA 2 - CLASSIFICAÇÃO PEDOLÓGICA DA UNIDADE HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO EXTREMA.....	7
TABELA 3 - CLASSES GEOMORFOLÓGICAS.....	11
TABELA 4 - SUSCEPTIBILIDADE DO SOLO	15
TABELA 5 - SUSCEPTIBILIDADE RELACIONADA AO USO DO SOLO	15
TABELA 6 - CLASSES DE DECLIVIDADE	16
TABELA 7 - SUSCEPTIBILIDADE RELACIONADA A DECLIVIDADE.....	17
TABELA 8 - INTERVALOS E CLASSES DE SUSCEPTIBILIDADE À EROSÃO.....	20
TABELA 9 - RESULTADOS DE SUSCEPTIBILIDADE À EROSÃO.....	20



1 INTRODUÇÃO

A degradação do meio ambiente devido à pressão humana e ao uso incorreto das terras, vem se destacando como um problema ambiental clássico. Atualmente os países em desenvolvimento vêm sofrendo mais com esse problema devido a fatores como o rápido crescimento demográfico e a necessidade de aumento da produção de produtos para o consumo humano que levam à busca por novas terras produtivas e à ocupação urbana de áreas inadequadas. Conseqüentemente esse padrão reduz drasticamente a disponibilidade de recursos naturais (Cunha, 2009).

Mudanças nos padrões de uso e ocupação em uma bacia hidrográfica, como por exemplo a retirada de cobertura vegetal e o crescimento urbano, podem acarretar uma série de conseqüências no ciclo hidrológico da bacia (Tucci, 2007; Heller & Pádua, 2006)

O escoamento superficial é representado pelo transporte da água na superfície da Terra. Quando a água da chuva atinge o solo, parte infiltra e quando a taxa de infiltração é excedida (o solo fica encharcado), tem início o escoamento superficial. Primeiramente, são formados pequenos filetes que escoam sobre o solo, até se unirem em corredeiras e rios. O escoamento acontece de um ponto de maior altitude para um ponto de menor altitude (UFBA, 2009).

O aumento do escoamento superficial, por sua vez, implica em uma maior ocorrência de processos erosivos, transporte de sedimentos, nutrientes e poluentes para os córregos, rios e reservatórios, além dos prejuízos causados pelas perdas do solo. (Maeda, 2008).

A erosão, apesar de ser um processo natural, pode ser potencializada pelas ações humanas, sendo causa do empobrecimento do solo, com difícil recuperação, e impacto nos recursos hídricos (Costa, 2005).

A perda de solo, problema decorrente de processos erosivos, pode diminuir a produtividade de algumas culturas. Associada às ações antrópicas para fins de uso agropecuários, como é o caso do desmatamento em áreas potencialmente frágeis, a erosão se torna um grave problema, podendo ser a causa de poluição e assoreamento dos cursos d'água. (SILVA NETO, 2011)

Sendo assim, áreas utilizadas na exploração agropecuária necessitam de atenção especial voltada para os processos erosivos.



Nesse contexto a utilização de técnicas e ferramentas de Sistema de Informação Geográfica (SIG) possui grande importância na geração de dados que podem auxiliar em análises do uso da terra relacionadas a riscos naturais ou provocados pelos tipos de uso.

A Unidade Hidrográfica do Ribeirão Extrema é uma área de exploração agropecuária que precisa dessa atenção e necessita de avaliação da susceptibilidade à erosão que está sujeita.

2 OBJETIVO

O objetivo desse estudo é gerar um mapa de Susceptibilidade à Erosão na Unidade Hidrográfica do Ribeirão Extrema.

3 ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo propõe como área a ser analisada a Unidade Hidrográfica do Ribeirão Extrema que compreende uma área de 24173,56 hectares, está localizada na parte leste do Distrito Federal, como pode ser observado na Figura 1 e faz parte da Bacia Hidrográfica do Rio Preto ocupando sua a porção central.

A bacia do Rio Preto, por sua vez, faz parte da bacia hidrográfica do rio São Francisco e abrange os estados de Goiás, Minas Gerais e Distrito Federal com área total de 1.045.900 hectares. Dessa área, 22% corresponde a porção localizada no Distrito Federal, o que representa 131.300 hectares de terras totalmente rurais utilizadas na exploração agropecuária. (Carneiro et al., 2007).

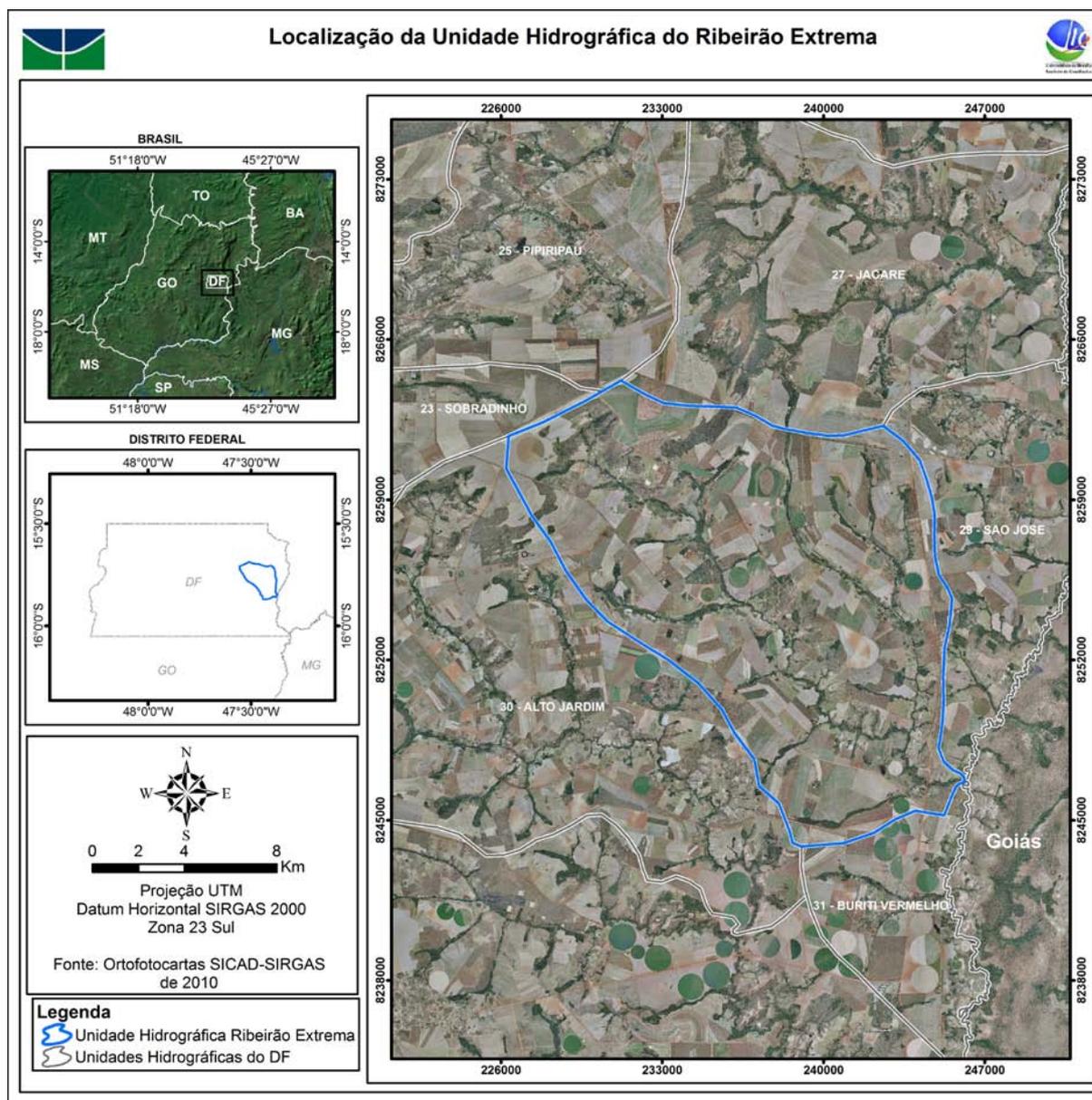


Figura 1 - Localização da Unidade Hidrográfica do Ribeirão Extrema

Observando na Figura 2, a Localização da Unidade Hidrográfica sobre o mapa de Zoneamento do Plano Diretor de Ordenamento Territorial, verifica-se que essa Unidade encontra-se quase que totalmente na Zona Rural de Uso Diversificado, tendo uma pequena porção, imperceptível na escala do mapa, na Zona Rural de Uso Controlado. Isso evidencia a área como totalmente rural.

A Zona Rural de Uso Diversificado é aquela com atividade agropecuária consolidada, onde predomina a agricultura comercial (Art. 85 da Lei Complementar Nº 803, de 25 de Abril de 2009).

A Zona Rural de Uso Controlado é composta, predominantemente, por áreas de atividades agropastoris, de subsistência e comerciais, sujeitas às



restrições e condicionantes impostos pela sua sensibilidade ambiental e pela proteção dos mananciais destinados à captação de água para abastecimento público (Art. 87 da Lei Complementar Nº 854, de 15 de Outubro de 2012).

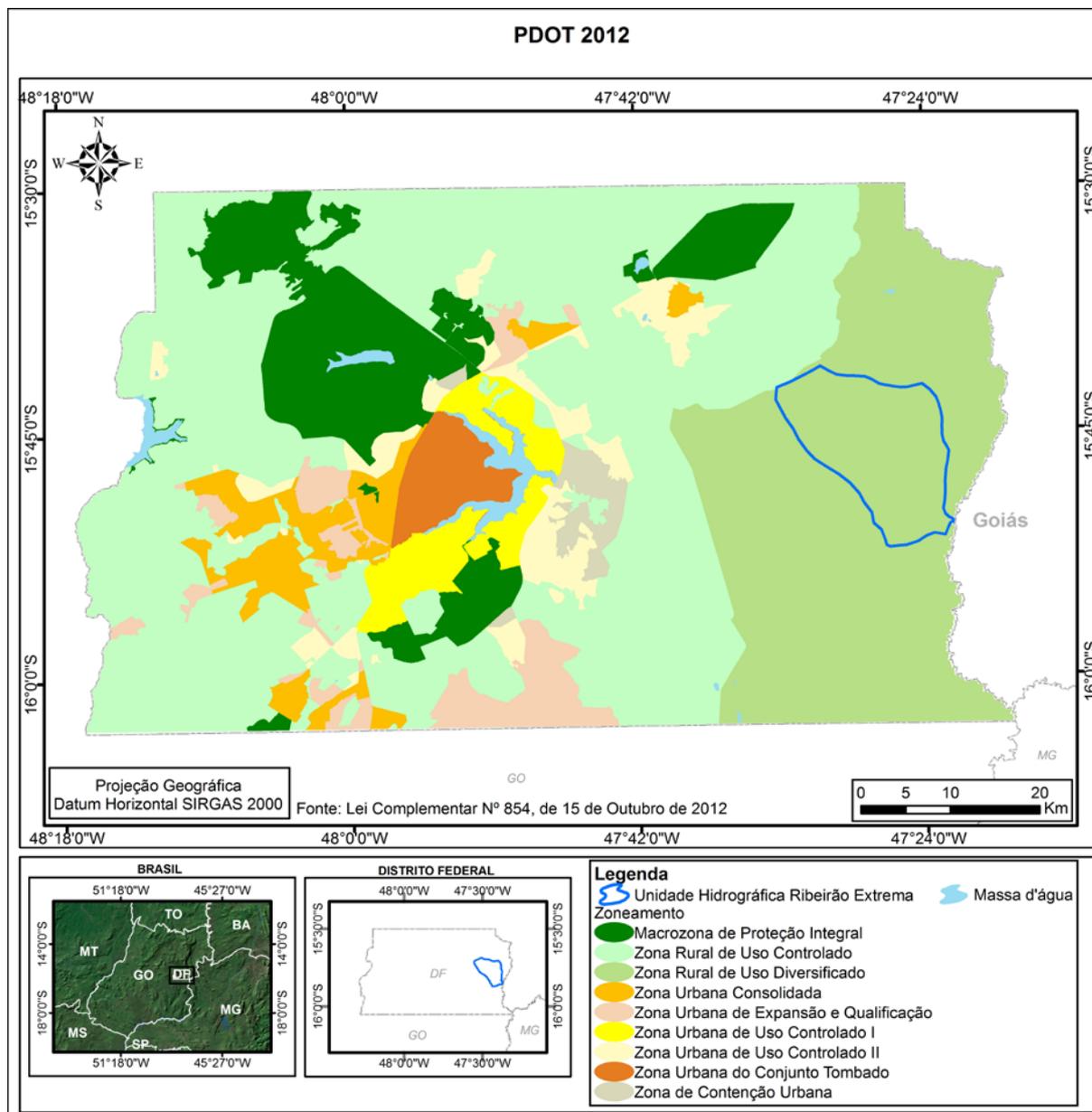


Figura 2 - Zonamento de acordo com o PDOT 2012

3.1 Uso do Solo

De acordo com o shape da série de mapeamentos multitemporais de uso do solo e cobertura vegetal da UNESCO 2006, atualizado com interpretação das Ortofotocartas SICAD-SIRGAS de 2010 (escala de mapeamento 1:20.000) a área de Unidade Hidrográfica do Ribeirão Extrema é composta por agricultura, campo, cerrado, matas, reflorestamento, solo exposto e corpos d'água.



A legenda preestabelecida para a série de mapeamentos multitemporais de uso do solo e cobertura vegetal da UNESCO é a seguinte:

- *Mata – compreende todas as formações florestais, dentre elas: mata ciliar, mata de galeria, mata mesofítica (seca), mata de encosta e cerrado;*
- *Cerrado – compreende as formações savânicas, dentre elas: cerrado típico,*
- *cerrado denso, cerrado ralo e campo cerrado;*
- *Campo/ Pastagem – compreende as formações com extrato predominantemente herbáceo de caráter natural ou antropizado;*
- *Área Urbana – compreende todas as áreas urbanas consolidadas;*
- *Área Agrícola – compreende as áreas ocupadas por culturas intensivas, áreas irrigadas, chácaras e setores habitacionais ainda não consolidados caracteriza dos pela coexistência de atividades agrícolas e empreendimentos de parcelamento do solo;*
- *Solo Exposto – corresponde às áreas sem nenhuma cobertura com exposição direta do solo às intempéries, tais como: áreas de empréstimo, cascalheiras e solo preparado para o plantio;*
- *Reflorestamento – corresponde às áreas com plantios homogêneos de pínus e eucaliptos;*
- *Corpos D'água – corresponde aos espelhos d'água formados por lagos, lagoas e represas (UNESCO, 2002)*

Dentro dessa área predomina a agricultura representada por 20339,42 hectares, o que corresponde a 84,14%, de acordo com a Tabela 1.

A Figura 3, a seguir, ilustra essas áreas e a Tabela 1 às sintetiza.

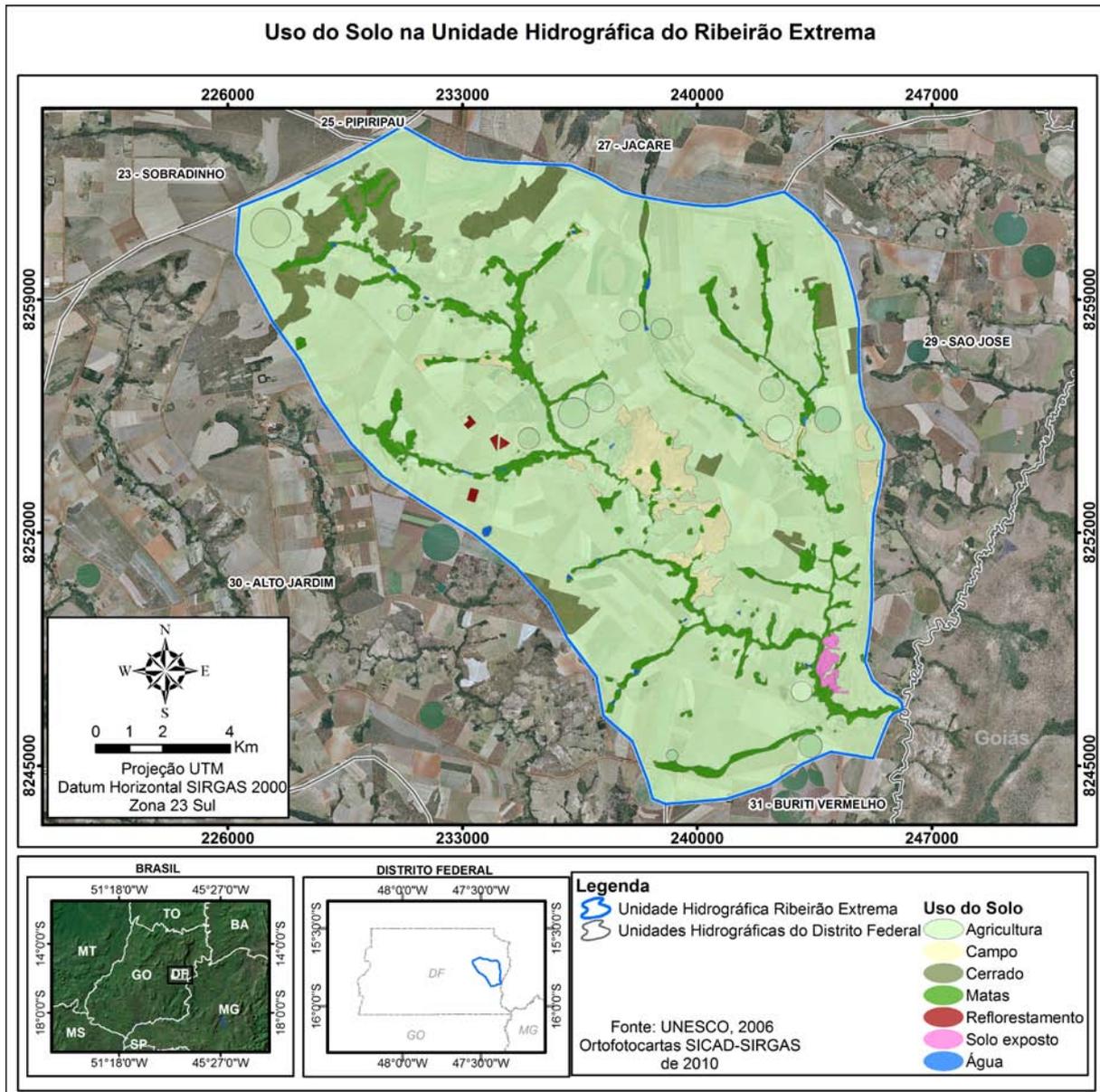


Figura 3 - Uso do Solo na Unidade Hidrográfica do Ribeirão Extrema

Tabela 1 - Uso do Solo na Unidade Hidrográfica do Ribeirão Extrema.

Classe	Área (hectares)	% referente à área total da Unidade
Agricultura	20339,42	84,14
Campo	786,58	3,25
Cerrado	1179,54	4,88
Matas	1731,79	7,16
Reflorestamento	27,68	0,11
Solos Exposto	74,35	0,31
Corpos D'água	34,20	0,14
Área Total da Unidade Hidrográfica	24173,56	100



3.2 Solos

De acordo com o Mapa Pedológico atualizado do Distrito Federal, Escala de 1:100.000 (EMBRAPA CERRADOS, 2004) a Unidade Hidrográfica do Ribeirão Extrema é composta pelas classes que podem ser observadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Classificação Pedológica da Unidade Hidrográfica do Ribeirão Extrema

Nova Classificação	Antiga Classificação	Área (Hectares)
Neossolos Quartzarênicos	Areias Quartzosas	228,43
Cambissolo	Cambissolo	3565,81
Latossolo Vermelho Amarelo	Latossolo Vermelho-Amarelo	1147,01
Latossolo Vermelho	Latossolo Vermelho-Escuro	18081,89
Gleissolo Háptico	Solos Hidromórficos	1150,42
Área Total da Unidade Hidrográfica		24173,56

A distribuição dessas classes na Unidade Hidrográfica pode ser observada na Figura 4 - Pedologia da Unidade Hidrográfica do Ribeirão Extrema.

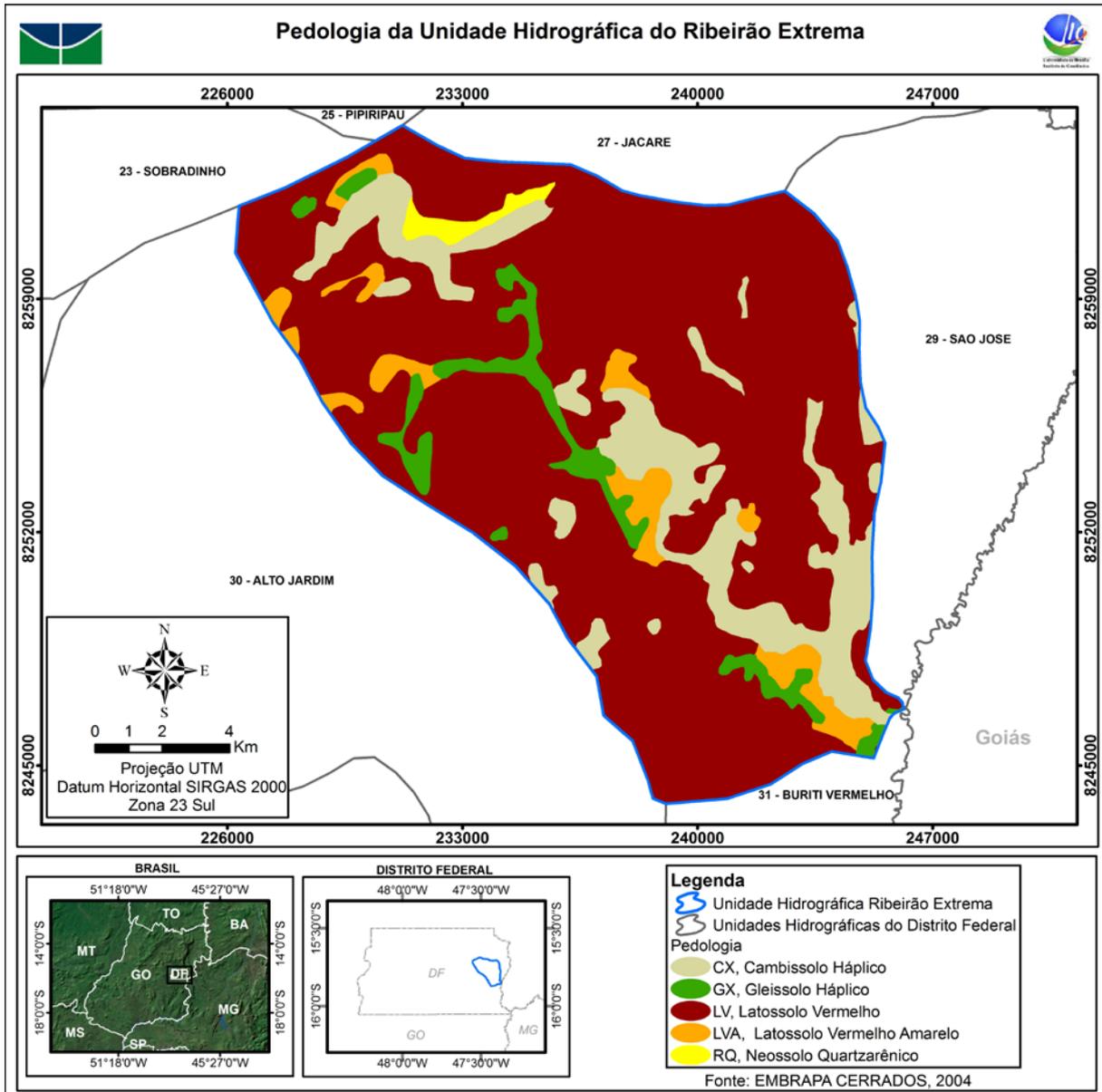


Figura 4 - Pedologia da Unidade Hidrográfica do Ribeirão Extrema

3.2.1 Neossolos Quartzarênicos

Os Neossolos Quartzarênicos (antiga classe das Areias Quartzosas) ocupam área de 228,43 hectares e representam 0,94% da área da Unidade Hidrográfica do Ribeirão Extrema.

São solos Profundos (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. A vegetação natural predominante é a de Cerrado e/ou Campo Cerrado.



São solos muito suscetíveis á erosão e, quando ocorrem nas cabeceiras de drenagem e adjacentes a mananciais, devem ser destinados à preservação. (EMBRAPA CERRADOS, 2004)

3.2.2 Cambissolos

Os Cambissolos Háplicos ocupam área de 3565,81 hectares e representam 14,75% da área da Unidade Hidrográfica.

São solos que apresentam horizonte subsuperficial submetido a pouca alteração física e química, porém, suficiente para desenvolvimento de cor e estrutura. Em geral, apresentam minerais primários facilmente intemperizáveis, teores mais elevados de silte, indicando baixo grau de intemperização. Seu horizonte subsuperficial é denominado B incipiente. Variam desde rasos a profundos, atingindo entre 0,2 a 1m.

Quanto ao potencial de uso, deveriam ser destinados à preservação permanente, pois se encontram em relevos mais íngremes ou são mais rasos. (EMBRAPA CERRADOS, 2004)

3.2.3 Latossolos

Os Latossolos ocupam área de 19228,9 hectares e representam 79,55 % da área da Unidade Hidrográfica, sendo 1147,01 hectares (4,74 %) de Latossolo Vermelho Amarelo e 18081,89 (74,80 %) de Latossolo Vermelho.

São solos altamente intemperizados, resultantes da remoção de sílica e de bases trocáveis do perfil. Em consequência, concentram minerais secundários do grupo da caulinita, óxidos, hidróxidos e oxi-hidróxidos de Fe e Al como hematita, goethita, gibbsita e outros. O quartzo, por ser muito resistente ao intemperismo, persiste como mineral primário residual no perfil de alteração.

São solos minerais, não hidromórficos, profundos (normalmente superiores a 2 m) apresentando horizonte B latossólico muito espesso (> 50 cm). Possuem sequência de horizontes A, B e C pouco diferenciada com cores variando de vermelha a amarelada (geralmente escuras no A, vivas no B e mais claras no C). As estruturas predominantes são blocos subangulares (pouco desenvolvidos) e/ou em forma muito pequena granular podendo compreender partes com aspecto maciço poroso.



Apresentam baixo teor de silte (entre 10% e 20%) e argila, variando entre 15% e 80%. Podem ser excessivamente drenados, fortemente drenados e acentuadamente drenados, conforme a natureza da textura, da estrutura e da situação topográfica. (EMBRAPA CERRADOS, 2004)

3.2.4 Gleissolos

Os Gleissolos Háplicos ocupam área de 1150,42 hectares e representam 4,76% da área da Unidade Hidrográfica.

São solos hidromórficos que ocupam geralmente as depressões da paisagem, sujeitas a inundações. Apresentam drenagem dos tipos: mal drenado ou muito mal drenado, ocorrendo, com frequência, espessa camada escura de matéria orgânica mal decomposta sobre uma camada acinzentada (gleizada), resultante de ambiente de oxirredução.

No Gleissolo Háptico (antiga classe Glei Pouco Húmico) o horizonte A é mais claro e mais pobre em matéria orgânica.

Por serem sistemas conservadores de água, próximos a nascentes e cursos d'água é muito importante preservá-los para não comprometer o reservatório hídrico da região. (EMBRAPA CERRADOS, 2004)

3.3 **Clima**

Segundo MAIA & PEIXOTO (apud IESA, 1993) a Bacia do Rio Preto, onde a Unidade Hidrográfica do Ribeirão Extrema está inserida, tem característica predominante de clima tropical de natureza continental, quente e úmido, com uma época sazonal seca e fria bem definida devido à disposição latitudinal e a localização geográfica dessa bacia. De julho até agosto ocorre o período seco e frio e de novembro a março a época considerada úmida.

A distribuição da temperatura da bacia não depende da troca dinâmica de massas de ar, mas acompanha o deslocamento aparente do sol através das latitudes tropicais equatoriais, e também o da faixa de calor latente máxima de vaporização. A média anual de temperatura fica em torno de 21 C, com uma média anual máxima de 27 C e uma média anual mínima de 16 C. A distribuição de umidade do ar na região também acompanha a faixa de calor latente máxima de vaporização e a variação média anual de novembro a março é de 80% e de julho a agosto de 50%. (MAIA & PEIXOTO, 2007 apud IESA, 1993).



3.4 Geomorfologia

Na área da Unidade Hidrográfica ocorrem as seguintes classes Geomorfológicas (Tabela 3). A distribuição dessas classes na Unidade Hidrográfica pode ser observada na Figura 5.

Tabela 3 - Classes Geomorfológicas

Classe	Área (hectares)
Platô	460,47
Relevo Colinoso	10783,11
Relevo de Morros	554,70
Relevo de Morros com Vertentes Suavizadas	11739,95
Relevo de Morrotes	635,33
Área Total da Unidade Hidrográfica	24173,56

3.4.1 Platô

Essa classe representa 1,90 % da área da bacia, ocupando área de 460,47 hectares.

Com declividade até 15% e amplitude altimétrica superior a 300m, predominando formas planares-retilíneas e com vertentes voltadas principalmente para norte-nordeste. Predominam solos do tipo latossolo vermelho-escuro, latossolo vermelho-amarelo e com densidade de drenagem de 0,02 (SOARES NETO, 2011).

3.4.2 Relevo Colinoso

Representa 44,61% da área da bacia, ocupando 10783,11 hectares.

Com declividade até 15% e amplitude altimétrica até 100m, predominando formas convergentes-côncavas e com vertentes voltadas principalmente para norte-noroeste. Predominam solos do tipo latossolo vermelho-escuro, cambissolo e com densidade de drenagem de 0,18 (SOARES NETO, 2011).

3.4.3 Relevo de Morros

Representa 2,29% da área da bacia, ocupando 554,70 hectares.

Com declividade superior a 15% e amplitude altimétrica entre 100 e 300m, predominando formas divergentes-convexas e com vertentes voltadas principalmente para norte-nordeste. Predominam solos do tipo cambissolo e com densidade de drenagem de 0,45. (SOARES NETO, 2011).



3.4.4 Relevo de Morros com Vertentes Suavizadas

Representa 48,57% da área da bacia, ocupando 11739,95 hectares.

Com declividade até 15% e amplitude altimétrica entre 100 e 300m, predominando formas divergentes-convexas e com vertentes voltadas principalmente para norte-nordeste. Predominam solos do tipo latossolo vermelho-escuro e com densidade de drenagem de 0,07. (SOARES NETO, 2011).

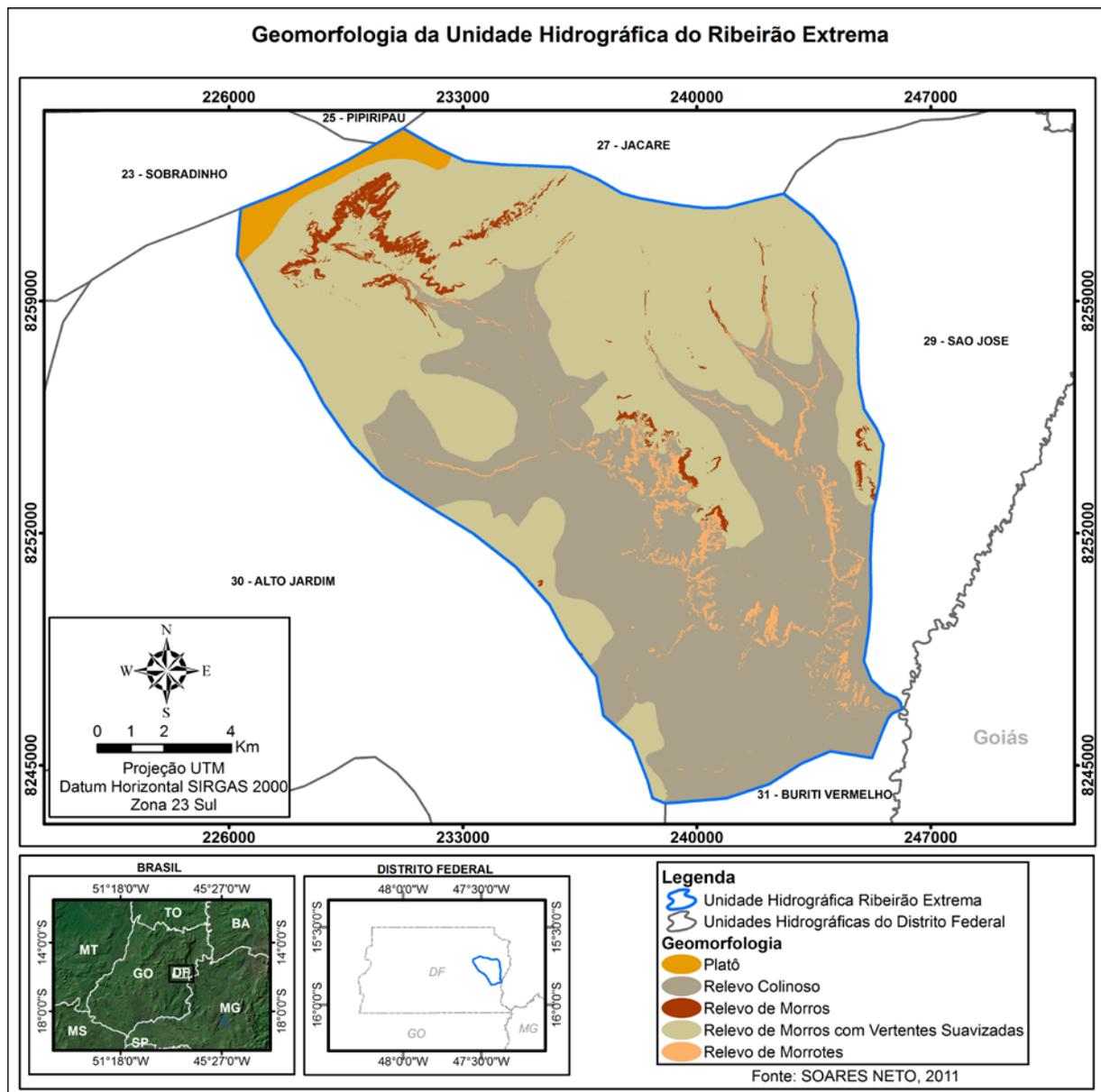


Figura 5 - Geomorfologia na da Unidade Hidrográfica do Ribeirão Extrema



3.4.5 *Relevo de Morrotes*

Representa 2,63% da área da bacia, ocupando 635,33 hectares.

Com declividade superior a 15% e amplitude altimétrica até 100m, predominando formas divergentes-côncavas e com vertentes voltadas principalmente para o norte-noroeste. Predominam solos do tipo cambissolo e com densidade de drenagem de 0,72. (SOARES NETO, 2011).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Para trabalhar os dados foi utilizado o software ArcGIS 9.3, a metodologia foi baseada e adaptada de SILVA, 2010 e as etapas de elaboração foram divididas em duas fases:

- Pré processamento e
- Integração dos dados.

4.1 Pré processamento

Essa etapa caracteriza-se pela preparação da base de dados utilizada e seguiu o fluxograma que pode ser observado na Figura 6.

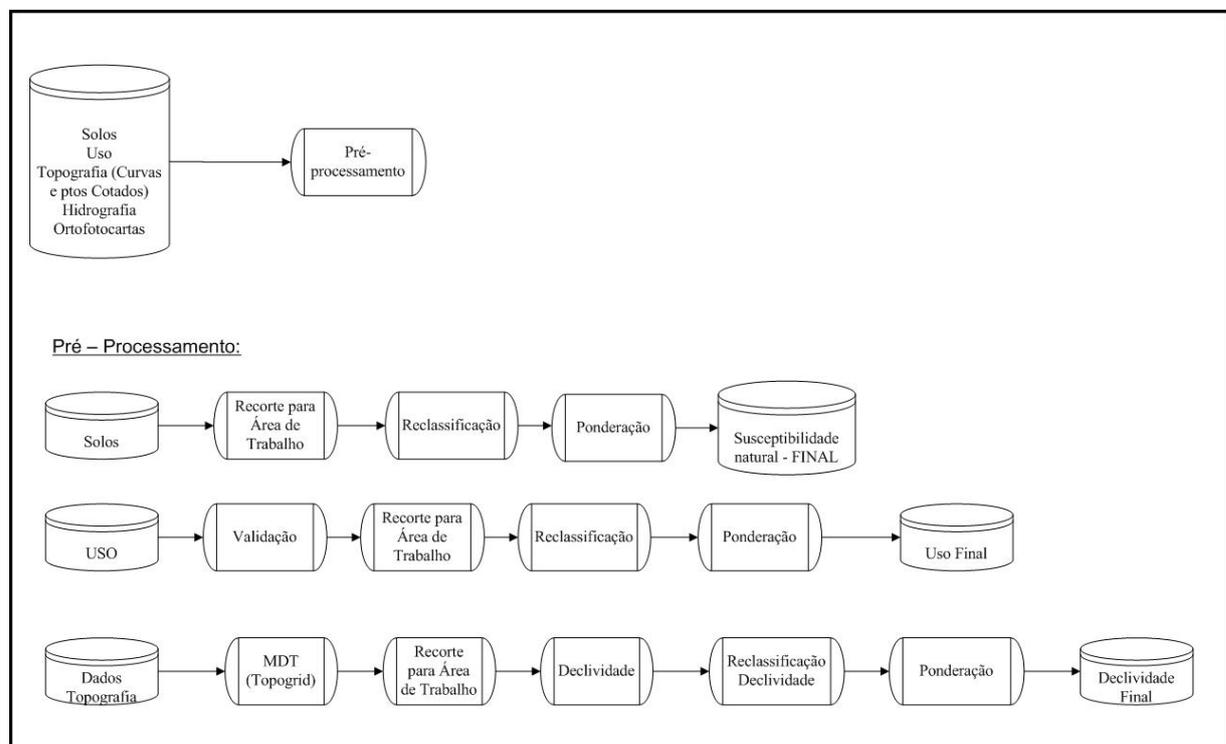


Figura 6 - Fluxograma Pré-Processamento



A base de dados utilizada foi composta por:

- Mapa de Solos EMBRAPA, escala de 1:100.000, ano 1999, com nomenclatura atualizada conforme EMBRAPA CERRADOS, 2004.
- Mapa de Uso do Solo da UNESCO, ano 2006, atualizado com interpretação de fotografias aéreas do ano de 2010 (Escala de mapeamento 1:20.000).
- Base de dados SICAD-SIRGAS, ano de 2010, Escala 1:10.000 (hidrografia, curvas de nível, pontos cotados, delimitação das bacias), Fonte: TERRACAP - Companhia Imobiliária de Brasília.
- Ortofotocartas SICAD-SIRGAS, revisadas em julho e agosto de 2010, Escala 1:10.000, Fonte: TERRACAP - Companhia Imobiliária de Brasília.

O método utilizado para integração dos dados, proposto por SILVA, 2010 é uma análise integrada utilizando a técnica de sobreposição ponderada que aplica uma escala comum de valores para ponderar os diversos temas de entrada do modelo

Para elaboração da análise de susceptibilidade à erosão foram integrados os fatores: Solo, Uso do solo e Declividade.

Foram estabelecidas quatro classes de susceptibilidade à erosão sendo: Baixo (1), Médio (2), Alto (3) e Muito Alto (4). Foram dados pesos para os fatores que compõem a integração, sendo 0,33333 para declividade, 0,33333 para Uso do Solo e 0,33333 para Solo. Adotou-se pesos iguais para que cada fator fosse considerado com mesma importância na integração.

4.1.1 *Fator Solo*

O shape de solos da Embrapa 1999, foi cortado para a área de estudo utilizando a ferramenta clip/ArcGIS. Essa ferramenta recorta os dados de entrada para um formato de saída, a Figura 7 ilustra como a ferramenta funciona (ESRI, 2012).

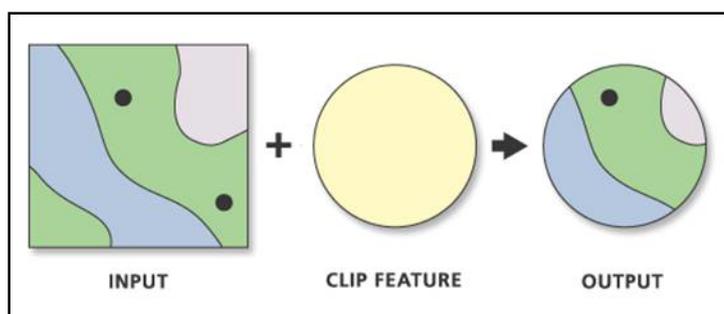


Figura 7 – Ferramenta Clip

Fonte: ESRI, 2012



Após o corte para a área de estudo, a nomenclatura foi atualizado conforme EMBRAPA CERRADOS, 2004. Posteriormente foi realizada a reclassificação de acordo com as classes determinadas para susceptibilidade, conforme pode ser observado na Tabela 4.

Tabela 4 - Susceptibilidade do solo

Classe Solo	Susceptibilidade a Erosão
Neossolos Quartzarênicos	4
Cambissolo	3
Latossolo Vermelho Amarelo	1
Latossolo Vermelho	1
Gleissolo Háptico	2

4.1.2 Fator Uso do Solo

O mapa de Uso do solo foi baseado no shape de Uso da UNESCO 2006. Esse shape foi cortado para a área de estudo (utilizando também clip/ArcGIS) e reinterpretado utilizando as Ortofotocartas SICAD-SIRGAS, revisadas em julho e agosto de 2010. A escala de mapeamento utilizada para atualização dos polígonos foi de 1:20.000 e foram mantidas as mesmas classes do shape original. Posteriormente o shape foi reclassificado de acordo com as classes determinadas para susceptibilidade como pode ser verificado na Tabela 5.

Tabela 5 - Susceptibilidade relacionada ao Uso do solo

Classe	Susceptibilidade a Erosão
Agricultura	3
Campo	2
Cerrado	2
Matas	1
Reflorestamento	1
Solos Exposto	4
Corpos D'água	Não aplicável

4.1.3 Fator Declividade

Utilizando a Base de dados SICAD-SIRGAS, ano de 2010, Escala 1:10.000 (hidrografia, curvas de nível, pontos cotados, delimitação das bacias) realizou-se a interpolação pelo algoritmo Topogrid (Topo to Raster) /ArcGIS para gerar um Modelo Digital de Terreno (MDT).

O Topogrid (Topo to Raster) foi projetado para a criação de modelos digitais de elevação hidrologicamente consistentes para tirar vantagem dos tipos de dados de entrada normalmente disponíveis e das características conhecidas de superfícies de elevação. (SOARES NETO, 2011).



Esse modelo foi gerado com tamanho de célula de saída de 2 metros, e sem considerar os lagos presentes na área de estudo, pois nessas regiões ocorrem problemas posteriores relacionados a valores muito altos de declividade.

O modelo foi gerado em uma área que extrapolou a área de estudo em 200 metros (buffer de 200 metros para a área da bacia). A área de estudo foi extrapolado pois ocorrem erros nas bordas pela falta de dados para fazer essa interpolação.

Posteriormente o MDT foi cortado para a Área de Estudo utilizando a ferramenta extract by mask/ArcGIS. Essa ferramenta funciona de uma maneira parecida com a ferramenta clip, mas nela pode-se utilizar o formato raster, ela extrai as células de uma quadrícula que corresponde às áreas definidas por uma máscara (ESRI, 2012).

O próximo passo foi utilizar a ferramenta Fill/ArcGIS com o objetivo de corrigir possíveis erros presentes no modelo. Essa ferramenta preenche, em um raster, as células que têm o sentido de drenagem indefinido, para remover pequenas imperfeições nos dados. (ESRI, 2012). A Figura 8 ilustra como a ferramenta Fill funciona.

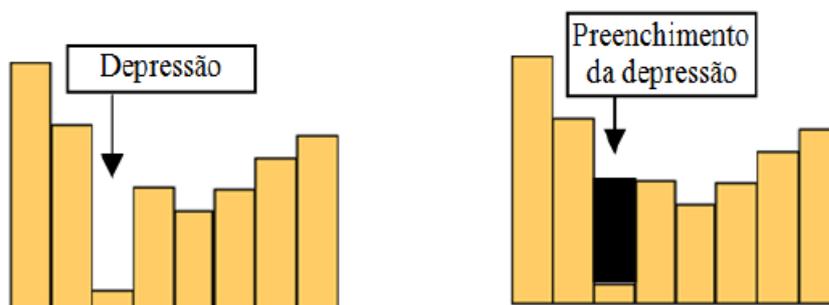


Figura 8 – Ferramenta Fill

Em seguida utilizou-se a ferramenta slope/ ArcGIS para gerar a declividade.

Gerado o raster de declividade, esse foi classificado conforme pode ser observado na Tabela 6, seguindo a classificação proposta por SILVA, 2010.

Tabela 6 - Classes de Declividade

Classe	Descrição
0-3	Plano
3-8	Suave Ondulado
8-13	Moderado Ondulado
13-20	Ondulado
20-45	Forte Ondulado
45-100	Montanhoso
>100	Escarpado



Após a classificação, o raster foi transformado para o formato vetor (shapefile) e reclassificado (atribuído valor de acordo com as classes de susceptibilidade à erosão, ou seja, de 1 a 4) considerando a susceptibilidade à erosão, conforme pode ser verificado na Tabela 7.

Tabela 7 - Susceptibilidade relacionada a declividade.

Classe	Descrição	Susceptibilidade a Erosão
0-3	Plano	1
3-8	Suave Ondulado	1
8-13	Moderado Ondulado	2
13-20	Ondulado	3
20-45	Forte Ondulado	4
45-100	Montanhoso	4
>100	Escarpado	4

A Figura 9 sintetiza a reclassificação dos dados de Uso do solo, Solo e Declividade.

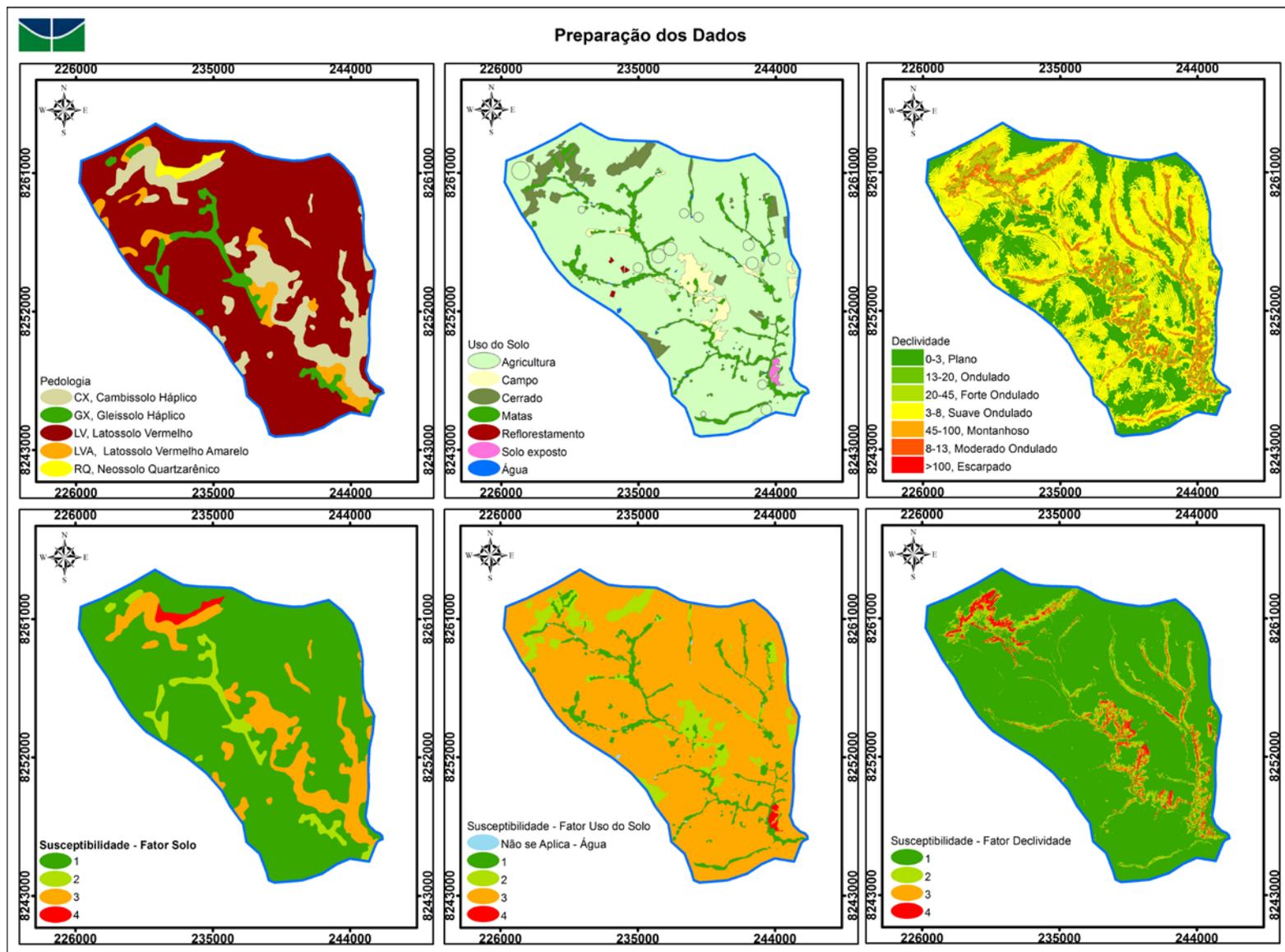


Figura 9 - Preparação dos dados



4.2 Integração de dados

A integração dos dados foi realizada utilizando a técnica de sobreposição ponderada, que aplica uma escala comum de valores para ponderar os diversos temas de entrada do modelo. Essa técnica considera a necessidade de analisar diversos fatores, a importância de cada fator dentro dessa análise e a hierarquia de importância dentro das classes de cada fator analisado.

Para entender melhor pode-se utilizar o exemplo da Figura 10 onde:

Dois rasters de entrada foram reclassificados para uma escala de medida comum de 1 a 3. Para cada raster é atribuída uma influência percentual. Os valores de células são multiplicadas por sua influência percentual, e os resultados são adicionados em conjunto para criar o raster de saída.

*Por exemplo, considere a célula superior esquerda. Os valores para as duas entradas $(2 * 0,75) = 1,5$ e $(3 * 0,25) = 0,75$. A soma de 1,5 e 0,75 é de 2,25. Porque o raster de saída de sobreposição ponderada é inteiro, o valor final é arredondado para 2.(ESRI, 2012).*

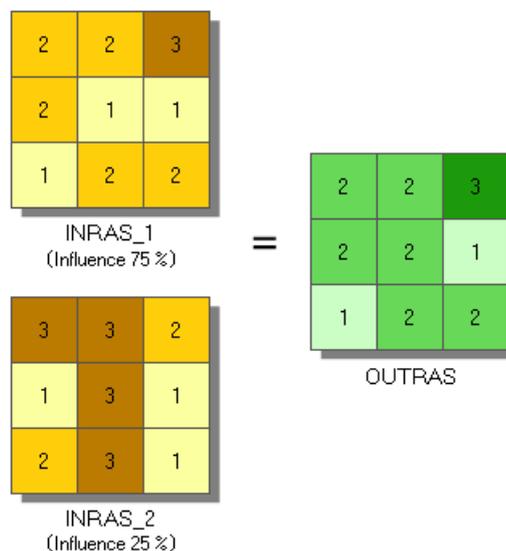


Figura 10 - Superposição Ponderada

Fonte: ESRI, 2012

Para este estudo, o conceito da ferramenta foi adotado, mas optou-se por trabalhar com o formato vetorial (shapefile).

Para a integração dos dados pré-processados utilizou-se a ferramenta Union/ArcGIS, onde foram unidos os dados gerados para Susceptibilidade dos fatores: solo, declividade e uso



do solo. Ao utilizar a ferramenta foi gerado um novo shape com as informações contidas nas tabelas de atributo dos três fatores citados. A partir desse novo shape criou-se uma coluna para integração de dados onde os valores de susceptibilidade de cada fator foi multiplicado pelo peso de cada fator e posteriormente somado com o resultado dos outros dois fatores.

Após o cálculo de integração foi (definida a amplitude de variação dos dados) realizando a subtração entre o maior valor da coluna (3,66663) e o menor valor (0,66666), resultando em 2,99997. Esse resultado foi dividido em 4 intervalos, resultando na amplitude de cada classe final de susceptibilidade a erosão determinadas inicialmente. A Tabela 8 sintetiza os intervalos e classes de susceptibilidade à erosão.

Tabela 8 - Intervalos e Classes de Susceptibilidade à Erosão

Intervalo de Valores	Classe de Susceptibilidade a Erosão
0,66666 - 1,4166525	Baixo
1,4166525 - 2,166645	Médio
2,166645 - 2,9166375	Alto
2,9166375 - 3,66663	Muito Alto

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliando o resultado da susceptibilidade à erosão na Unidade Hidrográfica do Ribeirão Extrema nota-se que boa parte da área da Unidade, representada por 18663,32 hectares (77,21 %), é referente à um nível médio de susceptibilidade à erosão.

Corresponde a Alta Susceptibilidade à erosão uma área de 3121,41 hectares (12,91%), e à Baixa Susceptibilidade, 1761,29 hectares (7,29%).

Apenas 2,6 % da área da Unidade Hidrográfica está sujeita à um nível Muito Alto de susceptibilidade à erosão. Na Tabela 9 e na Figura 11 podem ser observados os resultados de Susceptibilidade à Erosão na Unidade Hidrográfica do Ribeirão Extrema.

Tabela 9 - Resultados de Susceptibilidade à Erosão

Classe de Susceptibilidade a Erosão	Área (hectares)	% em relação à área da Unidade Hidrográfica
Baixo	1761,29	7,29
Médio	18663,32	77,21
Alto	3121,41	12,91
Muito Alto	627,53	2,60

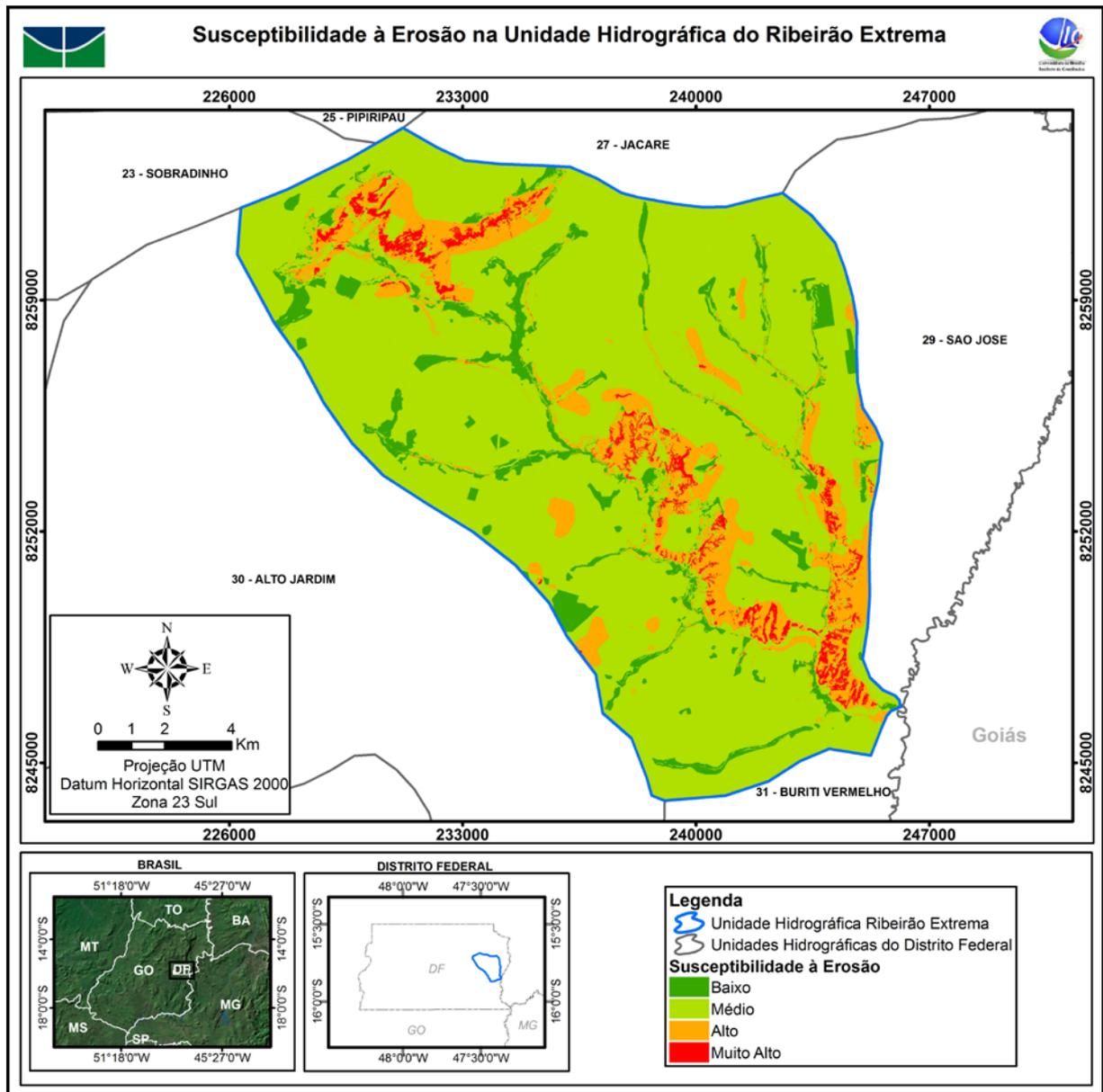


Figura 11 - Susceptibilidade à Erosão na Unidade Hidrográfica do Ribeirão Extrema

Pode-se observar que o fator de proteção da vegetação foi determinante no resultado. Próximo às drenagens, mesmo com solo e declividade com médio ou alto nível de susceptibilidade, a vegetação densa das matas de galeria mantiveram o resultado de susceptibilidade Baixo. Observa-se esse mesmo fato nas áreas de agricultura, que mesmo com solo e declividade com Baixo nível de declividade se mostraram com média Susceptibilidade no resultado final.

Por outro lado em áreas com alta e muito alta susceptibilidade para os fatores declividade e solo, que estão diretamente relacionados, mesmo existindo vegetação mais próximo ao natural (Cerrado) o resultado se mostrou Alto e Muito Alto o que pode ser explicado pelo fato de que a erosão é um processo natural.



6 CONCLUSÃO

A Unidade Hidrográfica do Ribeirão Extrema é uma área de exploração agropecuária que necessita de atenção voltada para os processos erosivos.

A utilização de sobreposição ponderada é muito útil na análise integrada dos fatores que fazem parte da susceptibilidade à erosão, possibilitando a análise de diversos fatores, a importância de cada fator dentro dessa análise e a hierarquia de importância dentro das classes de cada fator analisado.

Subjetividade em relação aos critérios utilizados para dar os pesos de cada fator e das classes dentro desses fatos é uma dificuldade, já que depende da experiência de cada autor.

Observou-se que apenas 2,6 % da área da Unidade Hidrográfica está sujeita a um nível Muito Alto de susceptibilidade à erosão. Nessas áreas é necessário utilizar medidas preventivas destinando-as, por exemplo, à preservação.

Estudos aprofundados sobre a Unidade Hidrográfica Ribeirão Extrema podem ser realizados utilizando outras metodologias que levem em consideração outras variáveis. Pode ser realizada, por exemplo, a determinação do escoamento superficial na área (método do curva número), para ver como esse fenômeno responde a um evento de chuva.



7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Lei Complementar Nº 803, de 25 de Abril de 2009. Aprova a revisão do Plano Diretor de Ordenamento Territorial do Distrito Federal – PDOT e dá outras providências.

BRASIL. Lei Complementar Nº 854, de 15 de Outubro de 2012. Atualiza a Lei Complementar nº 803, de 25 de abril de 2009, que aprova a revisão do Plano Diretor de Ordenamento Territorial do Distrito Federal – PDOT e dá outras providências.

CARNEIRO, P. J. R.; MALDANER, V. I.; Alves, P. F.; QUEIRÓS, I. C. de; MAURIZ, T. V.; PACHECO, R. F. **Evolução do uso da água na bacia do rio Preto no Distrito Federal**. Espaço & Geografia, v.10, p.325-353, 2007.

COSTA, Thomaz Corrêa e Castro da. **Estimativas de perda de solo para microbacias hidrográficas no Estado do Rio de Janeiro** / Thomaz Corrêa e Castro da Costa ... [et al.]. – Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2005. 48 p.: il. color.; – (Embrapa solos. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, n. 78). Disponível em: <<http://www.cnps.embrapa.br/publicacoes/pdfs/bpd78_2005_perdaerosao.pdf>> Acesso em: 10/09/2012

CUNHA, Karoley Lima, **Uso de imagens dos satélites Landsat E CBERS no mapeamento da suscetibilidade à erosão na região de Primavera do Leste – MT** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, 2009; Cuiabá, MT, 2009/ Instituto de Física. 63 f. : il./

EMBRAPA CERRADOS, **Mapa pedológico digital - SIG atualizado do Distrito Federal escala 1:1 00.000 e uma síntese do texto explicativo** / Adriana Reatto... [et ai.]. - Planaltina : Embrapa Cerrados, 2004. 31 p.— (Documentos / Embrapa Cerrados, ISSN 1517-51 11; n. 120).

ESRI, **ArcGIS 9.3 Desktop Help**. Disponível em: <<http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?TopicName=Weighted_Overlay>>. Acesso em: 19/11/2012.

HELLER, L.; Pádua, W. L. de. **Abastecimento de Água para Consumo Humano**. Belo Horizonte: UFMG, 2006. 859 p.



MAEDA, E. E., Influência das mudanças do uso e cobertura da terra no escoamento superficial e produção de sedimentos na Região da Bacia do Alto Rio Xingu. São José dos Campos: INPE, 2008.104p.

MAIA, Marcos de Lara; PEIXOTO Jose Voltaire Brito. **O uso do SIG no Licenciamento Ambiental das propriedades rurais do DF**. Trabalho de Conclusão de Curso Submetido ao Instituto de Geociências da Universidade de Brasília como parte dos Requisitos Necessários para a Obtenção do Grau de Especialista em Geoprocessamento. Orientador: Prof. Henrique Llacer Roig. 2007 Disponível em: <<<http://www.emater.df.gov.br/sites/200/229/00000876.pdf>>>. Acesso em: 10/09/2012

SILVA NETO, João Cândido André da; NUNES, João Osvaldo Rodrigues. **Potencial à erosão laminar utilizando Sistema de Informações Geográficas: aplicações na bacia hidrográfica do Rio Salobra-MS**. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.6564.

SILVA, Marcos Dornelas Freitas Machado; CALIJURI, Maria Lúcia; COUTO Eduardo de Aguiar do; CANDIDO, Madson Zaquine; ALVES, Henrique Oliveira. **Uso de SIG para Geração da Carta de Susceptibilidade à Erosão e Carta de Vulnerabilidade à Poluição em Região Cárstica**. XXIV Congresso Brasileiro de Cartografia - Aracaju - SE - Brasil, 16 a 20 de maio de 2010.

SOARES NETO, Gervásio Barbosa. **Contribuições metodológicas para determinação de dados morfométricos e elaboração de cartografia geomorfológica digital : bacia Sonhém – DF**. Dissertação apresentada ao Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Geografia do Instituto de Estudos Socioambientais da Universidade Federal de Goiás, como pré-requisito para a obtenção do título de Mestre em Geografia, 2011.

TUCCI, C. E. M.. Escoamento Superficial. In: Tucci, C.E.M.. Hidrologia: Ciência e Aplicação. 4. ed. Porto Alegre: UFRGS/ Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2007. Cap. 11, p. 391-442

UNESCO. 2002. **Vegetação do Distrito Federal: tempo e espaço_ Inui avaliação multitemporal da perda de cobertura vegetal no DF e da diversidade florística da Reserva da Biosfera do Cerrado** - Fase 1.2a ed. UNESCO. Brasília. DF. 80p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA (UFBA); **Apostila de hidrologia**. Capítulo 6. Escoamento Superficial. Departamento de Hidráulica e Saneamento. Grupo de Recursos Hídricos. Disponível em: < <[http://www.grh.ufba.br/download/2005.2/Apostila\(Cap6\).pdf](http://www.grh.ufba.br/download/2005.2/Apostila(Cap6).pdf)>>. Acesso em: 15/08/2012