



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Instituto de Geociências
Curso de Especialização em Geoprocessamento Ambiental

MODELAGEM DA FRAGILIDADE AMBIENTAL COMO FATOR DE
PLANEJAMENTO DA OCUPAÇÃO DO SOLO – ESTUDO DA BACIA DO CÓRREGO
BARREIRINHO, SÃO SEBASTIÃO-DF

Pâmela Sampaio Dalvi

Orientador: Prof. MSc Paulo Henrique Bretanha Junker Menezes

Monografia de Conclusão do Curso de Especialização

Brasília
2012



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Instituto de Geociências
Curso de Especialização em Geoprocessamento Ambiental

MODELAGEM DA FRAGILIDADE AMBIENTAL COMO FATOR DE
PLANEJAMENTO DA OCUPAÇÃO DO SOLO – ESTUDO DA BACIA DO CÓRREGO
BARREIRINHO, SÃO SEBASTIÃO-DF

Pâmela Sampaio Dalvi

Orientador: Prof. MSc Paulo Henrique Bretanha Junker Menezes

Monografia de Conclusão do Curso de Especialização

COMISSÃO JULGADORA

	Nome	Assinatura
Presidente	Prof. Dr. Paulo Menezes	_____
Examinador	Prof. MSc Paulo Henrique B.J. Menezes	_____

RESUMO

O ambiente natural que ainda não foi modificado pelo homem apresenta diferentes graus de fragilidade, sendo mais ou menos susceptível a sofrer danos dependendo da ação humana a ser implementada sobre esse ambiente. O uso de ferramentas como o Sistema de Informações Geográficas aliado a técnicas de geoprocessamento de informações espaciais, permitem compreender os níveis e diferenças das fragilidades dos ambientes. Para poder planejar o uso do solo em áreas naturais, ferramentas como o mapa de fragilidades ambientais, são de extrema importância, pois estudos dos atributos como relevo, tipo de solo e cobertura vegetal permitirão compreender mais a fundo as diferentes fragilidades de um ambiente. Este estudo pretendeu demonstrar a elaboração do mapa de fragilidades para a área de drenagem da bacia do córrego Barreirinho, localizado na porção centro-sul do Distrito Federal, na Região Administrativa de São Sebastião. O modelo proposto por Jurandy Ross (1994), demonstrou ser uma ferramenta de interesse ao planejamento de uso do solo por demonstrar áreas da bacia hidrográfica que podem ser utilizadas para fins como agricultura e ocupação populacional e outras que devem ser mantidas preservadas.

Palavras-chave: fragilidade ambiental, geoprocessamento, planejamento, uso do solo.

ABSTRACT

O ambiente natural que ainda não foi modificado pelo homem apresenta diferentes graus de fragilidade, sendo mais ou menos susceptível a sofrer danos dependendo da ação humana a ser implementada sobre esse ambiente. O uso de ferramentas como o Sistema de Informações Geográficas aliado a técnicas de geoprocessamento de informações espaciais, permitem compreender os níveis e diferenças das fragilidades dos ambientes. Para poder planejar o uso do solo em áreas naturais, ferramentas como o mapa de fragilidades ambientais, são de extrema importância, pois estudos dos atributos como relevo, tipo de solo e cobertura vegetal permitirão compreender mais a fundo as diferentes fragilidades de um ambiente. Este estudo pretendeu demonstrar a elaboração do mapa de fragilidades para a área de drenagem da bacia do córrego Barreirinho, localizado na porção centro-sul do Distrito Federal, na Região Administrativa de São Sebastião. O modelo proposto por Jurandy Ross (1994), demonstrou ser uma ferramenta de interesse ao planejamento de uso do solo por demonstrar áreas da bacia hidrográfica que podem ser utilizadas para fins como agricultura e ocupação populacional e outras que devem ser mantidas preservadas.

Key words: environmental fragility, geoprocessing, planning, land use.

SUMÁRIO

	RESUMO/ABSTRACT	2
1.	INTRODUÇÃO	4
1.1	Delimitação da área de estudo	5
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
2.1	Geoprocessamento	7
2.1.1	Sistema de Informações Geográficas	8
2.1.2	Modelagem	9
2.2	Fragilidade Ambiental	9
2.3	Planejamento da Ocupação do Solo	10
3.	METODOLOGIA	11
3.1	Primeira Etapa – procedimentos metodológicos	12
3.1.1	Mapa de Relevo/Declividade	12
3.1.1.1	Classes de Declividade	12
3.1.1.2	Elaboração do Mapa de Declividade	13
3.1.1.3	Ponderação dos dados	14
3.1.2	Mapa Pedológico	14
3.1.2.1	Elaboração do Mapa Pedológico	15
3.1.2.2	Classes de Fragilidade	15
3.1.2.3	Ponderação dos dados	15
3.1.3	Mapa de Uso da Terra e Cobertura Vegetal	16
3.1.3.1	Elaboração do Mapa de Uso da Terra e Cobertura Vegetal	16
3.1.3.2	Ponderação dos dados	17
3.2	Segunda Etapa	18
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
4.1	Mapa de Declividade da bacia do córrego Barreirinho	19
4.2	Mapa Pedológico	20
4.3	Mapa de Uso da Terra e Cobertura Vegetal	21
4.4	Mapa de Fragilidades Ambientais	22
5.	CONCLUSÃO	23
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25

1. INTRODUÇÃO

O ambiente natural quando em equilíbrio permite o relacionamento entre organismos vivos, processos químicos e físicos que estruturam um verdadeiro sistema ambiental. O equilíbrio dinâmico dessas relações pode sofrer alterações a partir da interação humana no ambiente natural.

“Os sistemas ambientais, face às intervenções humanas, apresentam maior ou menor fragilidade em função de suas características ‘genéticas’, afirma Spörl (2007, p.18). quando os atributos ambientais que integram o meio natural sofrem alterações externas, o sistema apresentará comprometimentos da sua funcionalidade, quebrando o estado de equilíbrio dinâmico. Nesse aspecto, ações humanas sobre o solo, relevo, vegetação, clima ou recursos hídricos (atributos ambientais), devem ser avaliadas e planejadas para que não seja potencializada as fragilidades ambientais naturais. Desta forma o planejamento físico do uso do território deve considerar as características mais ou menos frágeis do ambiente, permitindo assim o uso das potencialidades dos recursos naturais sem causar desequilíbrios significativos ao meio.

Nos estudos de reconhecimento dos atributos naturais o uso das ferramentas de Geoprocessamento associados aos Sistemas de Informações Geográficas mostram-se importantes por permitirem a integração de dados empíricos aos dados espaciais sendo capazes de gerar novas informações e conhecimentos sólidos sobre o ambiente natural. Estas informações se mostram importantes no auxílio a tomada de decisões por quem planeja o uso do solo.

Neste sentido os estudos relativos à fragilidade dos ambientes são de significativa importância para o planejamento ambiental e dos níveis de interferência das ações humanas sob o meio ambiente.

Tendo como base o conhecimento empírico sobre a fragilidade do ambiente natural, este trabalho tem como objetivo principal elaborar o Mapa de Fragilidade Ambiental da área da Bacia do Córrego Barreirinho – São Sebastião/DF, como auxiliar na tomada de decisão sobre o uso do solo, e como objetivos específicos, compreender a modelagem da fragilidade ambiental e qualificar a metodologia de fragilidade ambiental como etapa relevante no planejamento da ocupação do solo.

1.1.Delimitação da área de estudo

O córrego Barreirinho está localizado na porção centro-sul do Distrito Federal (DF), conforme Figura 1, na Região Administrativa de São Sebastião, RA XIV. Está inserido na Bacia do São Bartolomeu (Região Hidrológica do Paraná) integrando a Unidade Hidrográfica do Santana. É um contribuinte do Ribeirão Santana que por sua vez é um dos afluentes esquerdos do rio São Bartolomeu.

O acesso ao córrego se dá pela DF-140 no encontro com a estrada vicinal VC-467, conforme a figura 2.

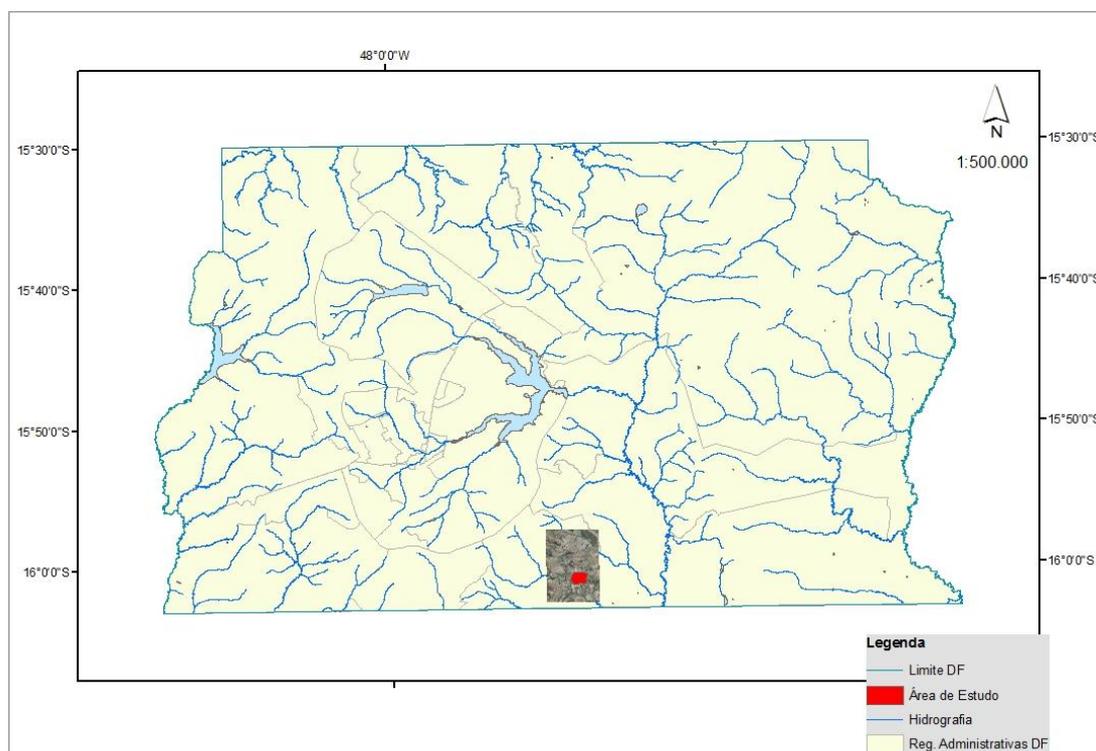


Figura 1 – Localização centro-sul da área de estudo.

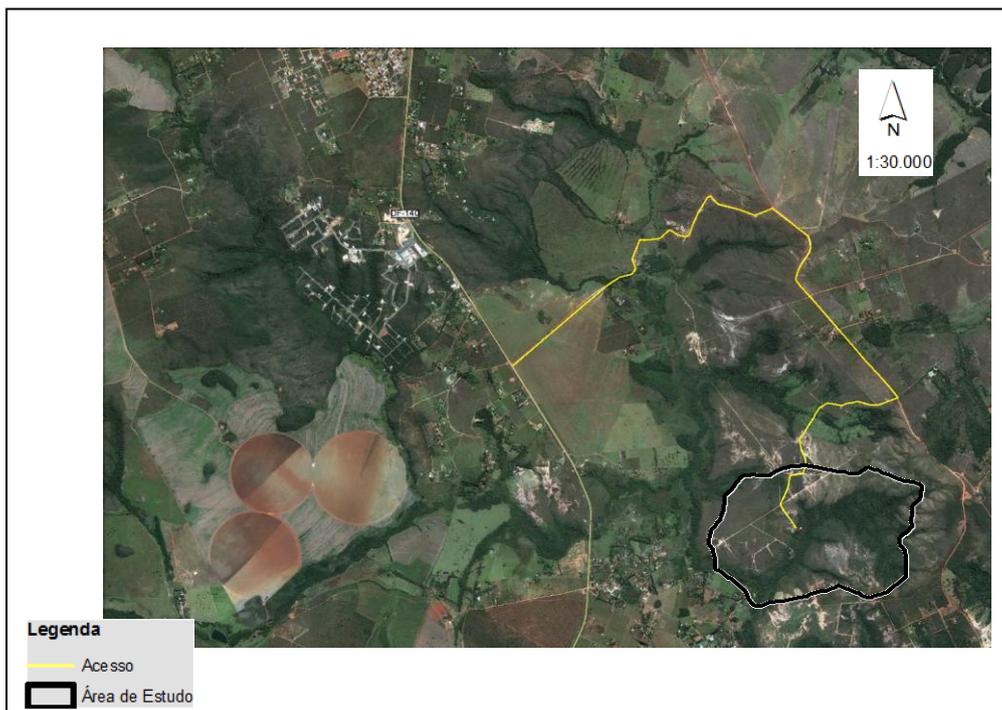


Figura 2 – Acesso a área de estudo.

A delimitação da área da bacia do córrego Barreirinho foi definida a partir da base cartográfica do DF, atualizada em 2009, por levantamento aerofotogramétrico e disponível na rede mundial de computadores, por meio do sítio da Secretaria de Estado de Regularização e Desenvolvimento Urbano (SEDHAB, 2012), associada às curvas de nível com equidistância de 5m e desenho da rede hidrográfica.

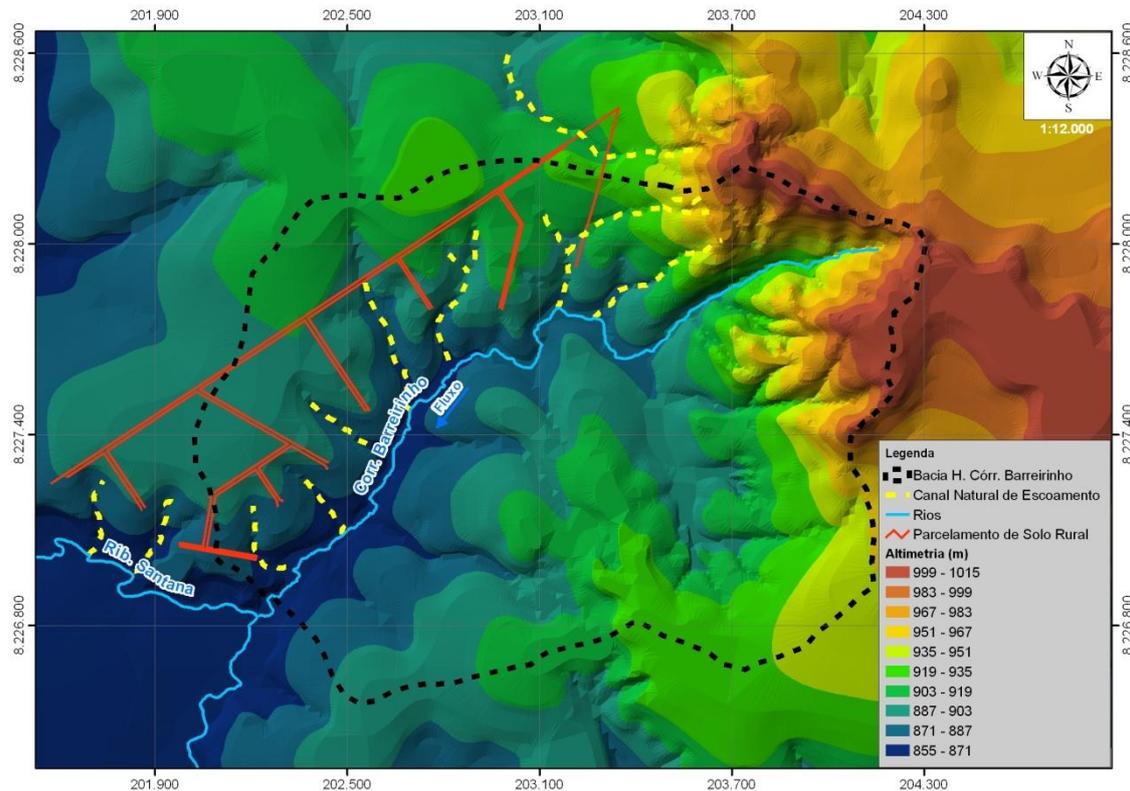


Figura 3 – Bacia do córrego Barreirinho – São Sebastião/DF

O limite da bacia do córrego Barreirinho desde a foz (exultório), localizada na margem esquerda do ribeirão Santana, apresenta um perímetro de 7 Km, drenando uma área aproximada de 3 Km².

O córrego Barreirinho é o limite de duas propriedades particulares onde a margem direita representa o limite sul de uma propriedade com 105 hectares, inscrita na matrícula nº 78.820 do Cartório do 2º Ofício de Registro de Imóveis de Brasília/DF. O proprietário do imóvel tem a intenção de empreender um parcelamento de solo rural, que se encontra em fase de licenciamento ambiental. Já a margem esquerda do córrego, limite norte de outra propriedade particular, não apresenta atualmente uso ou intenção de uso para atividade diversa, de forma que o ambiente local é tratado como natural e sem uso.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Geoprocessamento

A descrição mais usual para a definição de geoprocessamento é apresentada por Câmara (*et al*, 2001, cap.1, p.1), “Geoprocessamento pode ser entendido como a disciplina do

conhecimento que se utiliza de técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de informações geográficas.”

Geoprocessamento pode ser compreendido como uma tecnologia que reúne conhecimentos de diversas ciências que estudam os fenômenos ambientais e espaciais atrelados à matemática e as técnicas computacionais. É dito como uma tecnologia interdisciplinar.

O geoprocessamento utiliza como unidade básica de análise o espaço geográfico associando a ele conhecimentos do meio ambiente e da temporalidade. O uso das técnicas de geoprocessamento integram conhecimentos isolados numa conjuntura para gerar informações úteis para o conhecimento do espaço geográfico.

Geoprocessamento é, enfim, uma complexa rede de ações que envolvem a coleta, análise e integração de dados espaciais que associados aos conhecimentos científicos das geotecnologias, permitem a geração de informações úteis a diversas áreas, mas em especial ao planejamento de ações humanas.

2.1.1. Sistema de Informações Geográficas

Uma forma de operacionalização das técnicas de Geoprocessamento é o uso do Sistema de Informações Geográficas – SIG.

O SIG pode ser entendido como a reunião de ferramentas computacionais que permitem realizar análises, integração e elaboração de informações a partir de dados espaciais (CÂMARA *et al*, 2001). É um sistema de armazenamento, manipulação, apresentação e gerenciamento de dados espaciais. Por ser um sistema, o SIG é composto por três diferentes esferas que se integram: a) dados geográficos do mundo real, b) corpo técnico que capturam os dados e acrescentam conhecimentos e c) parcela tecnológica que reúne os suportes de hardware e software para análise e processamento de informações.

O resultado do uso do SIG podem ser a geração de mapeamentos temáticos, avaliações de impactos ambientais, ordenamento territorial, diagnósticos e prognósticos ambientais. Para Câmara (*et al*, 2001), o mapeamento temático visa caracterizar e entender a organização do espaço, como base para o estabelecimento das bases para ações e estudos futuros.

As ferramentas SIG permitem a avaliação conjunta de diversas variáveis de forma estruturada e cadenciada, gerando informações intermediárias e finais sobre as áreas de estudo. O resultado do SIG é a elaboração de documentos cartográficos que irão apoiar a decisão sobre os usos do espaço estudado.

2.1.2. Modelagem

Os mapas temáticos são associados entre si em modelos. “Os modelos são uma representação simplificada da realidade para facilitar a descrição, a compreensão do funcionamento atual e do comportamento futuro das questões relacionadas às potencialidades e fragilidades” (SPÖRL, 2007, p.19).

Quando tratamos da fragilidade do ambiente natural, os modelos são classificados em dois diferentes tipo: 1) modelo quantitativo, que estimam as variações de perdas ou ganhos em relação ao tema estudado e 2) modelo qualitativo, que avaliam as qualidades envolvidas com o tema de estudo como origem, evolução, condicionantes. A elaboração dos modelos quantitativos e qualitativos estão pautados em diferentes formas. Os modelos quantitativos estão baseados em medições e experimentos técnicos e os modelos qualitativos baseiam-se nos processos empíricos de estudo e experiências vividas. O trabalho em desenvolvimento utilizará dos modelos qualitativos, também chamados modelos empíricos baseados na proposta de Ross (1994).

2.2.Fragilidade Ambiental

O ambiente natural é formado pela reunião de seres vivos, recursos químicos e físicos que se relacionam entre si formando um grande sistema natural. O próprio termo ‘sistema’ ao ser analisado do ponto de vista etimológico quer significar, aquilo que permanece junto. Para Christofolletti (1980 *apud* SANTOS, 2011), um sistema é definido como um conjunto de elementos e as relações ocorridas entre eles e ao que rodeiam. Como se formassem combinações e arranjos. Essas combinações e arranjos resultam em características únicas, sendo possível definir formas de sistemas, como exemplo os ecossistemas, as diversas paisagens e fisionomias de uma dada região.

A complexidade dos sistemas naturais é sempre mantida pelos fluxos de matéria e energia trocados entre as faces físicas, químicas e biológicas que os compõem. Permitindo assim a formação de núcleos ambientais únicos como florestas, matas ciliares, campos ou brejos, cada um com diversas características para defini-lo como tal.

O homem ao utilizar o espaço natural encontrará restrições do próprio ambiente que podem ser tratadas como fragilidades ambientais. As fragilidades ambientais representam as

características restritivas de uso do ambiente. Quer dizer, os componentes naturais como relevo, solo, vegetação, clima, recursos hídricos, etc, terão restrições de usos dependendo da forma como o homem quer utilizar o espaço. O termo frágil deriva do latim *frangis* que significa quebrar, então quando se fala de fragilidade ambiental podemos entender como o ambiente que pode ser quebrado, fracionado.

As intervenções humanas no ambiente natural podem resultar em comprometimento das funcionalidades do sistema, interferindo no estado de equilíbrio e gerando maiores fragilidades. “...é cada vez mais urgente que se faça inserções antrópicas absolutamente compatíveis com a potencialidade dos recursos de um lado e com a fragilidade dos ecossistemas ou ambientes naturais do outro” (ROSS, 1994, p.53).

O planejamento do uso de uma área natural deve ser precedido dos estudos integrados do funcionamento do meio ambiente local, da dinâmica dos sistemas, recursos e organismos que vivem neste ambiente. Nesse aspecto os atributos ambientais, quando estudados pelo foco da fragilidade ambiental, permitem compreender o funcionamento deles no sistema e poder prever níveis de fragilidade que limitam o uso do recurso ambiental.

As fragilidades ambientais podem ser classificadas em diferentes níveis ao tratarmos de cada atributo do meio natural de forma isolada. Tem-se por atributo ambiental, o solo, relevo, recurso hídrico, fauna, flora e outros, que integram o sistema *ambiente natural*.

2.3.Planejamento da Ocupação do Solo

O atributo ambiental solo pode apresentar maior ou menor probabilidade de sofrer um processo erosivo dependendo das suas características naturais e da forma como será utilizado pelo homem.

Ao se falar de uso do território, para implantação de um parcelamento de solo com fins de moradia, teremos como fatores restritivos ao planejamento, a fragilidade do terreno para comportar a construção de casas; sofrer intensa compactação e ainda assim não responder a um processo erosivo, por exemplo. Quer dizer, o solo da área é mais ou menos suscetível a processos erosivos? A investigação das fragilidades do ambiente favorecerá, então, diretamente o planejamento do uso de espaços naturais.

Ao longo de muitos anos tem-se construído um consenso de que a capacidade de suporte do meio físico ao desenvolvimento de atividades econômicas é finita, e que o desenvolvimento

econômico de sustentação prolongada precisa e deve observar as “necessidades” ambientais do lugar geográfico onde se insere (FELGUEIRAS, 1999).

“Na perspectiva moderna de gestão do território, toda ação de planejamento, ordenação ou monitoramento do espaço deve incluir a análise dos diferentes componentes do ambiente, incluindo o meio físico-biótico, a ocupação humana, e seu inter-relacionamento.” (CAMARA *et al*, p. 10-1).

3. METODOLOGIA

Tricart (1977 *apud* MESSIAS, 2012) elaborou o conceito de Unidades Ecodinâmicas a partir da Teoria dos Sistemas onde na natureza as trocas de matéria e energia, estão em um equilíbrio dinâmico. Estabeleceu categorias de ambiente, as Unidades Ecodinâmicas Instáveis (1) e Unidades Ecodinâmicas Estáveis (2).

- (1) Unidades Ecodinâmicas Estáveis – formada pelos ambientes com pouca ou nenhuma interferência antrópica, que estão em equilíbrio dinâmico;
- (2) Unidades Ecodinâmicas Instáveis – formada pelos ambientes que sofreram ação antrópica, modificando o ambiente.

Ross em 1990 e 1994 adaptou a teoria de Tricart para poder aplicar ao planejamento de usos do ambiente. O autor apresenta as Unidades Ecodinâmicas com instabilidades Potenciais e Emergentes onde cada uma apresentará graus de fragilidade.

- (1) Unidade Ecodinâmica com Instabilidade Potencial – são os ambientes naturais que mesmo em equilíbrio dinâmico, apresentam uma instabilidade potencial “qualitativamente previzível” diante das características que possui;
- (2) Unidade Ecodinâmica com Instabilidade Emergente – os ambientes naturais antropizados apresentarão graus de fragilidade, desde instabilidade emergente muito fraca à instabilidade emergente muito alta, essa última marcada por áreas que já estão antropizadas e que se sofrerem mais alguma interferência humana, estarão em total desequilíbrio.

Para Ross (1994), as categorias de fragilidade dos ambientes são resultantes dos levantamentos realizados para cada um dos atributos naturais, tais como relevo, geologia, solos, cobertura vegetal, uso da terra e clima.

O presente estudo foi desenvolvido em três etapas diferentes, a primeira define e caracteriza os atributos ambientais estudados resultando na elaboração de mapas síntese primários; a segunda etapa é a elaboração dos mapas intermediários, a partir dos síntese. A terceira e última etapa realiza a integração dos dados primários e secundários, considerando os níveis de ponderação para enfim gerar o Mapa de Fragilidades Ambientais.

3.1.Primeira etapa – procedimentos metodológicos

Diante dos diferentes estados de equilíbrio e desequilíbrio ao qual o ambiente está submetido, Ross (1994) sistematizou uma hierarquia nominal de fragilidade representada por códigos/pesos apresentados na avaliação de cada atributo ambiental. Para modelar a Fragilidade Ambiental da área de estudo, atribuiu-se o valor/peso para cada classe dos respectivos atributos do meio físico, da forma como o fez Jurandyr Ross em 1994 (Ross, 1994). O valor do peso refere-se ao grau de susceptibilidade de ocorrência do dano ambiental, aqui tratado como nível de fragilidade em relação aos atributos analisados. As classes de fragilidade muito baixa a muito alta indicam o nível de susceptibilidade, ou seja, variam do ambiente menos susceptível (1) ao mais susceptível (5). As especificações são apresentadas em seguida.

3.1.1. Mapa de Relevo/Declividade

Ross (1992, 1994) afirma que o Mapa de Relevo associado à análise genética do ambiente é um dos produtos intermediários para a construção do Mapa de Fragilidade Ambiental. Para escalas pequenas, 1:50.000, 1:100.000, 1:250.000, utiliza-se como base a informação dos Padrões de Formas ou a Matriz dos Índices de Dissecação, que indicará níveis para variações no relevo entre 20 e 160 metros, indicando entalhamentos dos vales de dimensão interfluvial. Já para escalas grandes, 1:25.000, 1:10.000, 1:5.000 ou 1:2.000, são utilizadas as formas de vertentes e as Classes de Declividade. No presente estudo assumiu-se o uso das Classes de Declividade.

3.1.1.1.– Classes de Declividade

Corresponde às pequenas formas de relevo que se desenvolvem pela ação do intemperismo ou pela interferência antrópica ao longo das vertentes do relevo; representa a inclinação do terreno em relação ao plano, podendo ser expressa em porcentagem ou em graus. São formas geradas por processos erosivos naturais e acumuladas, tais como ravinas, voçorocas, deslizamentos, corridas de lama, bancos de assoreamento.

Esse tipo de representação cartográfica só é possível em escalas grandes por permitirem cartografar detalhes geomórficos identificados em fotos aéreas ou de imagens de maior resolução espacial.

As classes de declividade propostas por Ross (1994) foram elaboradas a partir dos estudos de capacidade de uso/aptidão agrícola e estudos de valores críticos da geotecnia que indicam o vigor dos processos erosivos, de riscos de escorregamento e inundações frequentes, tendo em vista tais parâmetros, estudos elaborados pela EMBRAPA (1999) favoreceram ao aperfeiçoamento da proposta de Ross (1994), estabelecendo as seguintes classes de declividade para o relevo brasileiro, aqui consideradas:

- 1 – 0 -3% - relevo plano
- 2 – 3 - 8% - relevo suave ondulado
- 3 – 8 - 20% - relevo ondulado
- 4 – 20 - 45% - relevo forte ondulado
- 5 – 45 -75% - relevo montanhoso
- 6 – > 75% - relevo escarpado

Aplicando a categorização proposta por Ross (1994), a classe 1, indicativa do relevo plano (com 0 a 3% de declividade) é considerada uma classe com muito baixo risco de ocorrer erosão, e a classe 6, relevo escarpado (>75% de declividade), tem muito alto risco de sofrer erosão.

Ao tratar da Fragilidade Ambiental, as classes são organizadas em categorias hierárquicas, da seguinte forma:

- Muito fraca – 0-3%
- Fraca – 3-8%
- Média – 8-20%
- Forte – 20-45%
- Muito forte – >45%

3.1.1.2.– Elaboração do Mapa de Declividade

As informações concernentes a declividade do terreno da área de estudo foram obtidas a partir do processamento das curvas de nível, dos pontos cotados e da hidrografia da área de estudo obtidos no Sistema de Informações Cartográficas do Distrito Federal – SICAD, disponível na rede mundial de computadores pelo sítio da Secretaria de Estado de Habitação, Regularização

e Desenvolvimento Urbano¹. Utilizando o *Software* ArcGIS 9.3 para tratamento e processamento da base cartográfica, foi gerado o Modelo digital de elevação a partir do TIN, realizada a reclassificação dos dados raster originados no processamento vetorial das curvas de nível, possibilitando a geração da declividade do terreno a partir da ferramenta *Slope*.

3.1.1.3.– Ponderação dos dados

Para a análise da Fragilidade Ambiental, a adoção de pesos em função da declividade se deu em consequência da caracterização das classes hierárquicas, onde haverá menor tendência à geração de impactos oriundos da propagação de processos erosivos nas classes muito fraca e fraca, da mesma forma em que haverá maior fragilidade ambiental de ocorrer processos erosivos nas classes ditas forte e muito forte.

Dessa forma pode-se sintetizar a organização dos graus de declividade associado as classes hierárquicas e ao grau de fragilidade ambiental da seguinte forma:

Tabela 1: Classes de Fragilidade Ambiental para a Declividade do Terreno

DECLIVIDADE	CLASSE DE DECLIVIDADE	PONDERAÇÃO	FRAGILIDADE AMBIENTAL
0-3%	Muito fraca	1	Muito Baixa
3-8%	Fraca	2	Baixa
8-20%	Média	3	Média
20-45%	Forte	4	Alta
45-75%	Muito forte	5	Muito Alta
>75%		5	

3.1.2. Mapa Pedológico

O atributo solo deve ser analisado tendo como base as características de textura, estrutura, plasticidade, grau de coesão das partículas, profundidade/espessura dos horizontes superficiais e subsuperficiais. Tal mapa é indicativo do grau de erodibilidade dos diferentes tipos de solo Baseado nesses preceitos e a partir dos estudos para fins agropecuários desenvolvidos pela Embrapa Solos o mapa de solos do território Brasileiro na escala 1:100.000, foi lançado em 2005 (EMBRAPA, 1999), e mais recentemente, em 2011, na escala 1:5.000.000.

¹ Sedhab –www.sedhab.df.gov.br.

3.1.2.1. Elaboração do Mapa Pedológico

O mapa pedológico utilizado foi o elaborado pela Embrapa (1999), atribuindo-se os pesos para os tipos de solo encontrados na área de estudo segundo os critérios apresentados na tabela 2, abaixo.

3.1.2.2. Classes de Fragilidade

Ross (1994) propõe que as características estruturais do solo ao serem relacionadas ao relevo, clima, pedogênese e fatores físico-químicos, vão gerar classes de fragilidade diferenciadas de acordo com o tipo de solo, assim organizados:

Tabela 2: Classes de Fragilidade Ambiental para os tipos de solos.

CLASSES DE FRAGILIDADE	TIPOS DE SOLOS
Muito Baixa	Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho escuro e Vermelho-Amarelo textura argilosa
Baixa	Latossolo Amarelo e Vermelho-Amarelo textura média/argilosa
Media	Latossolo Vermelho-Amarelo, Nitossolo, Argissolo Vermelho-Amarelo textura média/argilosa
Alta	Argissolo Vermelho-Amarelo, textura média/arenosa, Cambissolos
Muito Alta	Argissolo cascalhentos, Neossolos Litólicos e Neossolos Quartzarênicos

O quadro apresenta os vários tipos de solos classificados conforme o grau de fragilidade, baseado nas características estruturais. Dessa forma é possível estabelecer graus hierárquicos de fragilidade.

3.1.2.3. Ponderação dos dados

Aplicando-se a metodologia da Fragilidade Ambiental no atributo solos, a variação de pesos é derivada das características estruturais e texturais dos solos que indicam os índices de erodibilidade. Solos coesos apresentam fragilidade baixa, uma vez que seu potencial de instabilidade perante intempéries é inferior ao de solos recentes, friáveis, cuja ação de interferências climáticas ou antrópicas tendem a promover alta possibilidade de erosão, denotando condições de maior fragilidade.

Tabela 3: ponderação das classes de fragilidade dos tipos de solo

CLASSE DE FRAGILIDADE	TIPOS DE SOLOS	PONDERAÇÃO
Muito Baixa	Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho e Vermelho-Amarelo textura argilosa	1

Baixa	Latossolo Amarelo e Vermelho-Amarelo textura média/argilosa	2
Media	Latossolo Vermelho-Amarelo, Nitossolo, Argissolo Vermelho-Amarelo textura média/argilosa	3
Alta	Argissolo Vermelho-Amarelo, textura média/arenosa, Cambissolos	4
Muito Alta	Argissolo cascalhentos, Neossolos Litólicos e Neossolos Quartzarênicos	5

3.1.3. Mapa de Uso da Terra e Cobertura Vegetal

A análise do uso da terra é de relevante importância quando se trata dos efeitos danosos resultantes do uso inadequado. “Os processos de erosão intensos, as inundações, os assoreamentos de cursos d’água, são causas do inadequado uso da terra. Assim a capacidade de uso da terra pode ser caracterizado como sua adaptabilidade à intervenção do homem para fins diversos, sem que sofra esgotamento” (SPÖRL, 2007, p.71).

3.1.3.1.Elaboração do Mapa de Uso da Terra e Cobertura Vegetal

Para Messias (2012, p.115) a análise de uso do solo e cobertura vegetal deve ser feita pela interpretação de imagens de satélite, fotografias aéreas e analisadas pela tabela de ‘graus de proteção do solo pela cobertura vegetal’.

A elaboração do mapa de uso da terra e cobertura vegetal utiliza de ferramentas de sensoriamento remoto associadas às de SIG, onde após adquirida a imagem de satélite deve-se fazer o processamento para gerar a imagem multiespectral, seguido do georreferenciamento. Parte-se, então, para a classificação delimitando classes de uso do solo e cobertura vegetal. Em seguida, executa-se a vetorização dos dados raster, originando o mapa de cobertura vegetal e uso do solo. Esse procedimento está simplificado no seguinte fluxo:

Figura 3: Fluxograma da elaboração do mapa de uso da terra

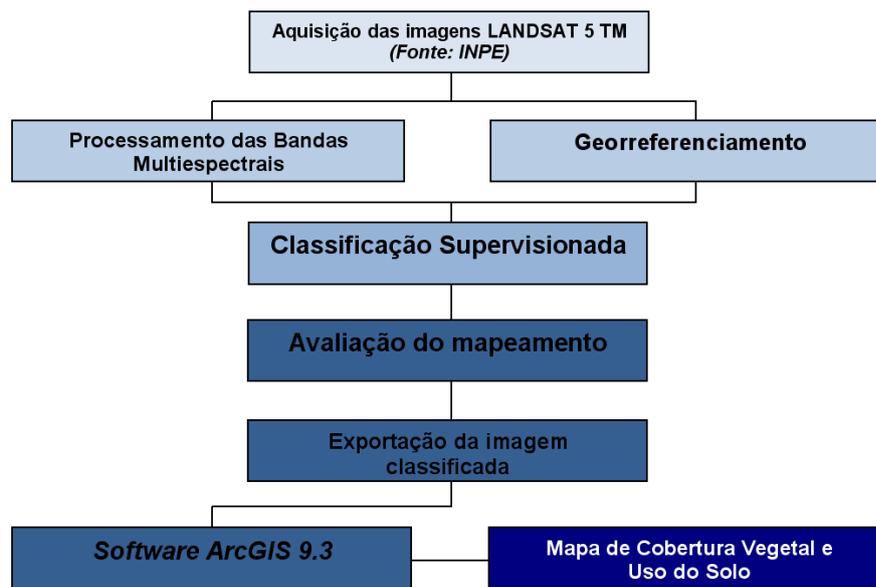


Figura : Etapas do processo de elaboração do Mapa Cobertura Vegetal e Uso do Solo.

3.1.3.2. Ponderação dos dados

A hierarquização das classes de fragilidade ambiental do atributo uso do solo e cobertura vegetal varia de acordo com o nível de proteção dos solos ao se considerar o tipo de cobertura vegetal que a área apresenta. Ross (1994) propõe a seguinte tabela:

Tabela 4: ponderação dos tipos de cobertura vegetal

TIPO DE COBERTURA VEGETAL	PONDERAÇÃO	GRAU DE PROTEÇÃO
Áreas desmatadas e queimadas, solo exposto, gradeação, culturas de ciclo curto	5	Muito Baixa
Culturas de ciclo longo de baixa densidade (café), culturas de ciclo curto	4	Baixa
Cultivo de ciclo longo em curvas de nível/terraceamento, pastagem com baixo pisoteio, silvicultura	3	Média
Formações arbustivas naturais, mata homogênea reflorestada, pastagens cultivadas, cultivo de ciclo longo	2	Alta
Florestas, matas naturais, florestas cultivadas	1	Muito Alta

Este atributo é qualificado pelo grau de proteção do solo, quer dizer, as áreas mais protegida (por florestas e matas) oferecem muito alta proteção ao solo contra o impacto das chuvas; em contrapartida as áreas menos protegidas (desmatadas, com solo exposto) apresentam muito baixo grau de proteção do solo.

3.2.Segunda etapa

A etapa final para construção do Mapa de Fragilidades Ambientais apresenta a vulnerabilidade ambiental da área de estudo em função das informações obtidas de cada atributo ambiental analisado.

Ponderação Declividade	Ponderação Solos	Ponderação Uso/cobertura
1	1	1
2	2	2
3	3	3
4	4	4
5	5	5

A FA (fragilidade ambiental) será obtida do valor final resultante da média aritmética dos valores individuais obtidos para cada atributo, aplicando-se a seguinte fórmula:

$$FA = \frac{\sum pv}{v}$$

Onde,

FA = Fragilidade Ambiental

pv= ponderações das variáveis (declividade, solos, uso/cobertura)

v= número de variáveis

O resultado do cálculo é organizado em intervalos nas classes de fragilidade:

Tabela 5: classes de fragilidades ambientais

VALOR	CLASSE
1 – 1,99	Muito baixa fragilidade ambiental
2 – 2,99	Baixa fragilidade ambiental
3 – 3,99	Média fragilidade ambiental
4 – 4,99	Alta fragilidade ambiental
5 – 5,99	Muito Alta fragilidade ambiental

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Mapa de Declividade da bacia do córrego Barreirinho

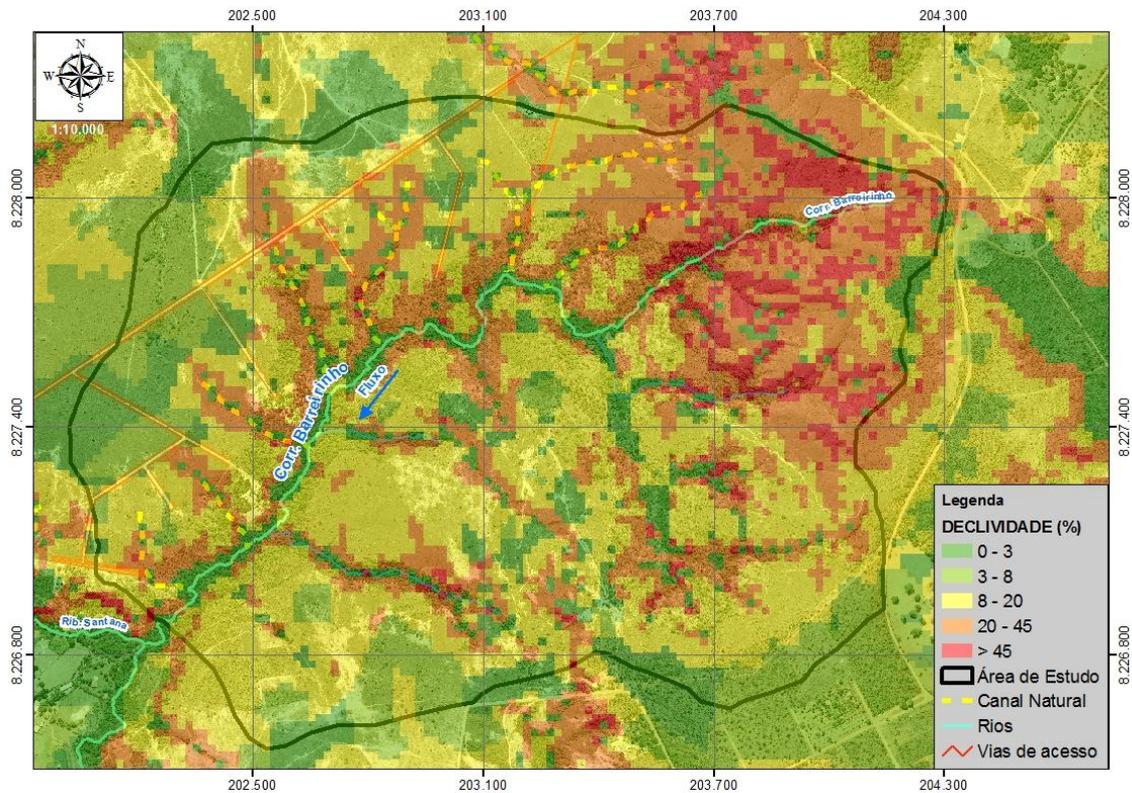


Figura 4: mapa de Declividade da bacia do córrego Barreirinho/DF

A porção leste da bacia do córrego Barreirinho concentra as maiores declividades com relevos do tipo forte ondulado e escarpado, por apresentarem elevada declividade em relação a toda área de estudo, estes locais são propícios à ocorrência de processos erosivos. Ainda que ocorra a concentração de maiores declividades em uma porção da bacia, a distribuição dos diferentes índices de declividade em toda a área de estudo manteve-se uniforme, proporcionalmente a classe de declividade de 8-20% representou 25,6% do total da área de estudo, enquanto muito proximamente deste valor a classe 0-3% com 23,3%, seguida pela classe 20-45% com 21,8%. Já as classes 3-8% com 15,8% e >45% com 13,5%, representam as declividades com menor representação. É possível notar uma distribuição equilibrada dos índices de relevo na área, porém, a concentração das maiores declividades nas proximidades da nascente do córrego Barreirinho e ao longo do córrego, indicam uma faixa de área que deverá ser protegida contra danos, uma vez que indicam ser mais frágeis e susceptíveis à erosão.

4.2. Mapa Pedológico

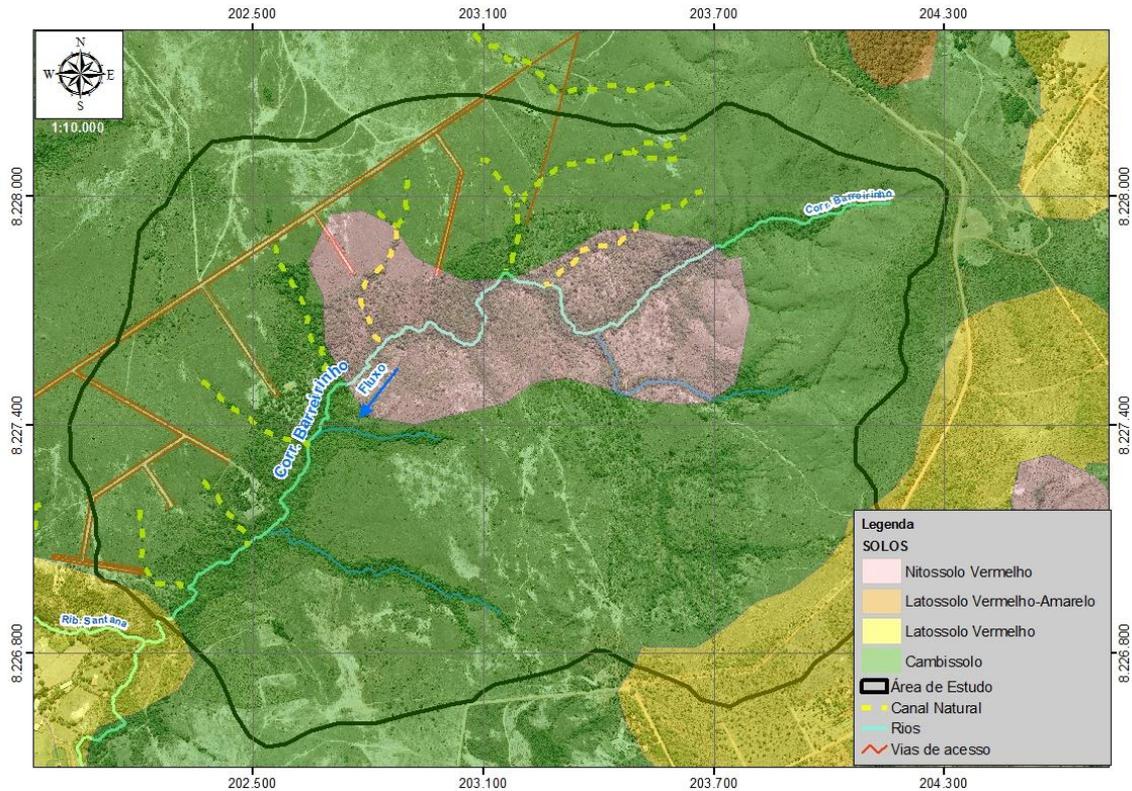


Figura 5: mapa pedológico da bacia do córrego barreirinho/DF

Os tipos de solos encontrados na área de estudo compreendem o Latossolo Vermelho com muito baixa fragilidade ambiental, o Nitossolo com média fragilidade e o Cambissolo com alta fragilidade ambiental. Não ocorrem tipos de solo com baixa e muito alta fragilidade. Ocorre na maior área o Cambissolo que possui características mais resistentes à erosão quando com maior profundidade e se mantida a cobertura vegetal, mas é classificado como de alta fragilidade pela susceptibilidade elevada de ocorrer erosão se for mais raso com ocorrência de uma camada impermeável, comumente associada a substrato rochoso e ainda sem cobertura vegetal. O Latossolo Vermelho ocorre em menor área, concentrado na porção sudoeste da área de estudo, nas proximidades dos limites da bacia do córrego Barreirinho, é pouco susceptível à erosão e conforme Guerra e Botelho (1998 *apud* MESSIAS 2012) possui boa permeabilidade e drenabilidade na diferenciação do teor de argila nos horizontes A e B.

A ocorrência do Nitossolo na porção central da bacia do córrego Barreirinho está associado aos processos de intemperismos naturais das rochas encontradas na porção mais alta da região. Com ocorrência comum em áreas de drenagem, próximas a cursos d'água.

Apresentam média fragilidade ambiental por em relevos ondulados serem mais susceptíveis à erosão, conforme a área de estudo.

4.3. Mapa de Uso da Terra e Cobertura Vegetal

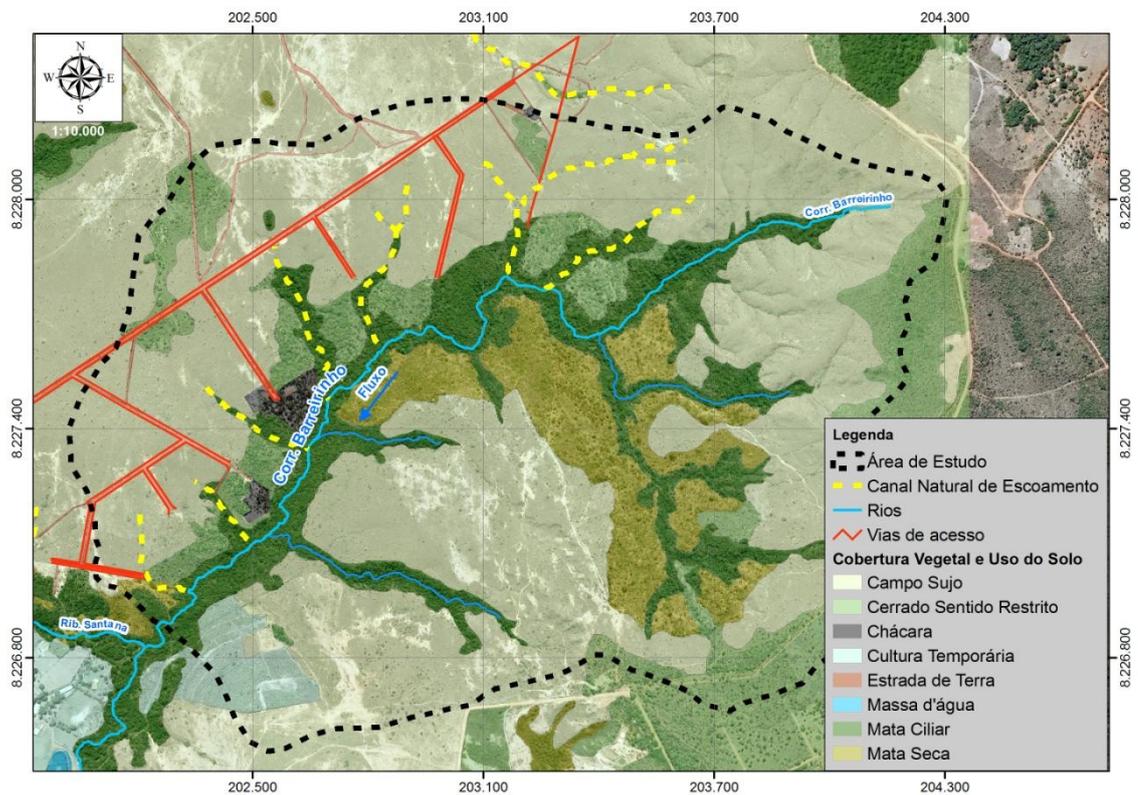


Figura 6: Mapa de uso do solo e cobertura vegetal.

O uso do solo na área de estudo indica claramente que a maior parte da vegetação natural está mantida e pode-se arriscar afirmar que em certo equilíbrio dinâmico, como o preconizado por Ross (1994). Quando associamos o tipo de cobertura vegetal com os tipos de solos é possível que a grande ocorrência de Cambissolo ainda recoberto, indicam altas chances de ocorrer processos erosivos se a vegetação que o protege for retirada. Esse fator contribui diretamente para a fragilidade ambiental total da área de estudo.

A alta concentração de mata ciliar à beira do córrego e nos principais talvegues, indicam as áreas de manutenção e preservação, pelos mesmos motivos expostos anteriormente. A manutenção da vegetação nessas áreas, além de respeitarem aos preceitos legais (CONAMA, 2002), realizam papel importante na manutenção da estabilidade do solo.

4.4. Mapa das Fragilidades Ambientais

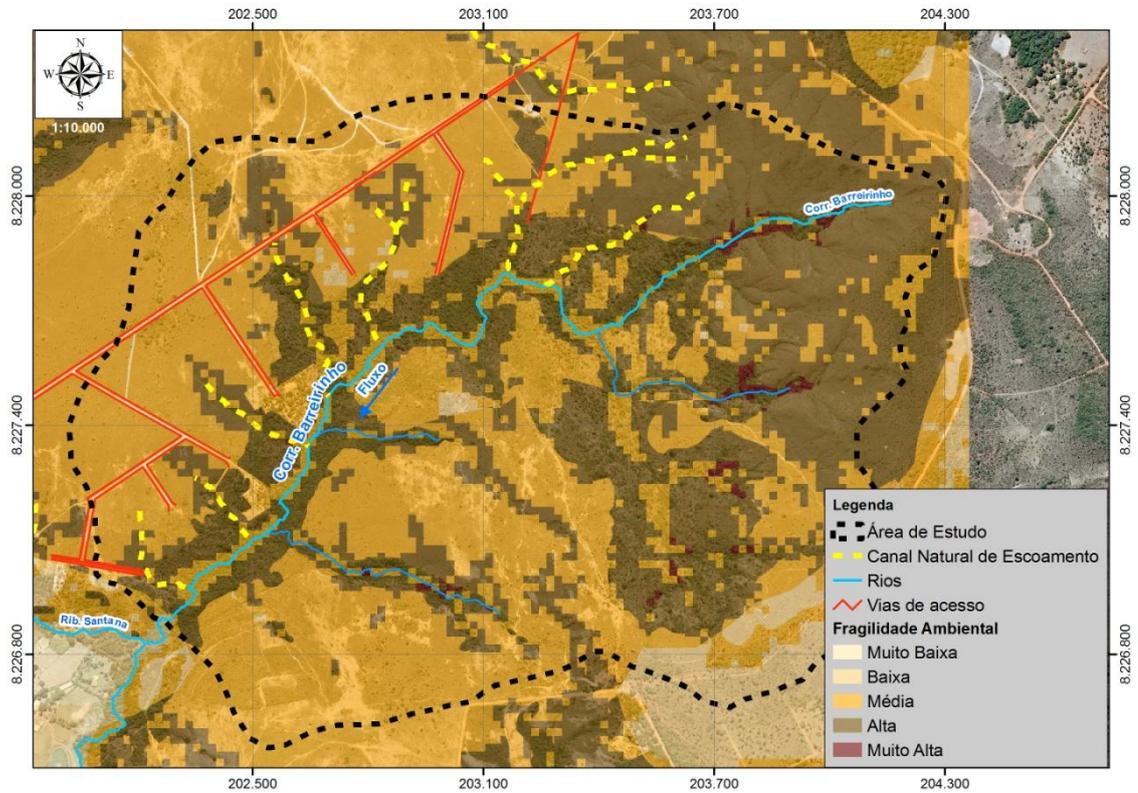


Figura 7: Mapa da Fragilidades Ambientais da bacia do córrego Barreirinho/DF

A ponderação dos atributos declividade, tipo de solo e uso/cobertura vegetal, resultam no mapa acima apresentado e organizados da seguinte forma:

Tabela6: Resultados Qualitativos da Fragilidade Ambiental da área de estudo

Classe de Fragilidade	Área (m ²)	%
Baixa	0,129719	4,32967
Média	1,57703	52,56767
Alta	1,230573	41,0191
Muito Alta	0,02568	0,856

Considerando a área total de drenagem da bacia do córrego Barreirinho, com 3Km² e as análises das ponderações das variáveis de declividade, tipo de solo, uso e cobertura

vegetal, foram notadas quatro classes de fragilidade ambiental, variando de baixa a muito alta.

O mapa de Fragilidade Ambiental sintetiza as informações referentes as declividades, às classes de solos e aos tipos de uso e cobertura vegetal. A partir da análise é possível prevê áreas de fragilidade natural, para fomentar as decisões quanto aos usos e potencialidades de atividades a serem realizadas.

Verificou-se pelo mapa de Fragilidade Ambiental que há predomínio de média fragilidade. Nos locais de média declividade (8-20%) associados aos solos de média e alta vulnerabilidade (Nitossolo e Cambissolo), é possível que se desenvolvam atividades antrópicas, desde que sejam estudadas e computadas as restrições e limites de áreas de proteção. Os locais onde ocorrem altas e muito altas declividades, não são cabíveis para produções agrícolas e se apresentar solo com alta vulnerabilidade, serão mais incompatíveis por causa da profundidade.

A ocorrência de fragilidade alta é a segunda mais encontrada, sendo estas áreas impróprias inclusive para implantação de atividades antropicas. A cobertura vegetal nessas áreas é de extrema importância, visto que há declividades mais acentuadas, assim como vulneráveis à erosão. O mau uso destas áreas pode levar a formação de processos erosivos, intensificados pelos efeitos climáticos, como a pluviosidade.

Alguns locais apresentam baixa fragilidade, ainda que associado ao solo mais frágil (Cambissolo), são mais apropriados para a produção agrícola e instalação de população, sempre respeitando as áreas de restrição.

5. CONCLUSÃO

Os SIGs têm sido usados como uma ferramenta importante para o planejamento de uso do solo e de espaços naturais, estes sistemas permitem avaliar de forma integrada grande número de variáveis, gerando informações que auxiliam na tomada de decisão.

O mapa de fragilidade ambiental de uma região permite conduzir os estudos e planejamentos das ações antropicas no ambiente. A partir desta ferramenta é possível analisar a potencialidade natural do ambiente que se pretende usar.

O presente estudo permitiu afirmar que no momento do planejamento de uso do solo das áreas próximas ao córrego Barreirinho, sejam determinados limites de usos para corte e retirada da vegetação, por causa do tipo de solo associado às ondulações do relevo. Nas proximidades dos talwegues e à beira do córrego, devem ser mantidas áreas de proteção ambiental, pois a concentração do escoamento natural das águas sempre favorecerá a ocorrência de processos erosivos. Caso não seja respeitada tal avaliação, é possível confirmar o surgimento de sérios danos ambiental que em grande maioria resultam em prejuízos ao longo do tempo às estruturas implantadas pelo homem, como obras e construções.

O estudo das fragilidades ambientais de uma dada região atua como mais uma ferramenta SIG importante nos momentos de planejamento do uso do solo. Novas e mais aprofundadas análises devem continuar a ser desenvolvidas, de forma a permitir a continuação do estudo em tela.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A.M.V.; D'ALGE, J.C. (Eds.) *Introdução à Ciência da Geoinformação*. São José dos Campos, INPE, 2001. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd>>. Acesso em: 12 out. 2012.

EMBRAPA-Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999.

FELGUEIRAS, C. A. *Modelagem ambiental com tratamento de incertezas em sistemas de informação geográfica: o paradigma geoestatístico por indicação*. 1999. 198f. Tese (Doutorado) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1999.

MESSIAS, C. G.; FERREIRA, M.F.M.; RIBEIRO, M.B.P.; MENEZES, M.D. Análise empírica de fragilidade ambiental utilizando técnicas de geoprocessamento: o caso da área de influência da hidrelétrica do Funil-MG. *Revista Geonorte*. Amazonas, v.2, n.4, p.112-125, 2012.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. *Revista do Departamento de Geografia FFLCH – USP*. São Paulo, v.8, p. 51-62, 1994.

_____. Análises e sínteses na abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental. *Revista do Departamento de Geografia FFLCH-USP*. São Paulo, v.9, p. 51-63, 1995.

_____. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. *Revista do Departamento de Geografia FFLCH – USP*. São Paulo, v.6, p. 17-29, 1992.

SANTOS, J. O. *Fragilidade e riscos socioambientais em Fortaleza-CE: contribuições ao ordenamento territorial*. 2011. 331f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

SPÖRL, C. *Metodologia para elaboração de modelos de fragilidade ambiental utilizando redes neurais*. 2007. 185f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

_____.; ROSS, J. L. S. Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos. *GEOUSP – Espaço e Tempo*. São Paulo, n.15, p. 39-49, 2004.