

# ELABORAÇÃO DE MAPAS DE VULNERABILIDADE NATURAL À EROSÃO COMO SUBSÍDIO AO ZONEAMENTO AMBIENTAL EM BACIAS HIDROGRÁFICAS COM O USO DE GEOPROCESSAMENTO

Júlio Ferreira da Costa Neto<sup>12</sup>

<sup>1</sup> Geógrafo, MSc., Professor do Departamento de Geografia do UniCEUB – Centro Universitário de Brasília. SEPN 707/909 - Campus UniCEUB, Asa Norte - Brasília – DF, CEP 70790-075.

E-mail: juliofcneto@uol.com.br.

<sup>2</sup> Analista Ambiental, MSc., CECAV/ICMBIO. SCEN Trecho 2 Ed. Sede do IBAMA - Brasília – DF, CEP 70818-900. E-mail: julio.costa-neto@icmbio.gov.br.

## RESUMO

As metodologias de Zoneamento Ecológico-Econômico - ZEE do IBGE (1994) e do INPE (1996), são derivadas do estudo da dinâmica da paisagem, que qualifica e quantifica as unidades de paisagem, em termos da vulnerabilidade natural à erosão. A integração de parâmetros físicos como a geologia, o relevo, o clima, os solos e a vegetação, e atribuindo-lhes graus de vulnerabilidade, a aplicação das metodologias expressa os valores de estabilidade dos terrenos com relação à atuação de processos de morfogênese/pedogênese de TRICART (1977). Com a utilização dessas duas metodologias em um ambiente computacional e ferramentas de Geoprocessamento foi possível realizar a entrada, a manipulação e a análise das informações temáticas da bacia hidrográfica do Rio Maranhão no Distrito Federal. Os resultados obtidos foram bastante significativos e refletem o estado da paisagem da área da bacia, além do comportamento dinâmico do ecossistema; de modo que foi possível observar que a maior parte da bacia, 71,61%, foram consideradas áreas altamente instáveis ambientalmente e muito vulneráveis aos processos erosivos naturais, seguidas por áreas moderadamente estáveis/vulneráveis, com 20,22% e 8,17%, correspondendo às áreas aptas a qualquer tipo de uso, ou seja, áreas totalmente estáveis ambientalmente. A área total mapeada corresponde a 76.813,791 hectares.

Palavras-chave: geoprocessamento, zoneamento ambiental, recursos hídricos.

## MAPPING OF EROSION VULNERABILITY AS SUBSIDY TO ZONING IN ENVIRONMENTAL CATCHMENT AREAS WITH THE USE OF GEOPROCESSING

### ABSTRACT

The Ecologic-Economic Zoning Methodologies developed by IBGE (1994) and INPE (1996) derive from dynamic landscape surveys that qualifies and quantifies landscape according to its natural vulnerability to erosion. The Integration of physical parameters such as geology, landscape, climate, soil, and vegetation, inferring them grades of vulnerability, expresses the stability of the terrain according to TRICART's (1977) morphogenetic and pedogenetic processes. Using the above methodologies and geoprocessing tools within a computer environment enabled the input, manipulation, and analysis of thematic data of the Maranhão River basin in the Federal District. The results achieved were very significant, reflecting the state of the landscape of the basin and also the dynamic behaviour of the ecosystem. The majority of the area of the basin (71,61%) was classified as unstable environmentally and highly susceptible to natural erosive processes, 20,22% is moderately stable/vulnerable, and 8,17% is suitable for any type of landuse, i.e., it is environmentally stable. The Maranhão River basin comprises an area of 76,813. 791 hectares.

Keywords: geoprocessing, environmental zoning, water resources.

## INTRODUÇÃO

Para que um país tenha verdadeiramente controle de sua situação ambiental é necessário que se realize a gestão do território. O instrumento principal da gestão do território é o

zoneamento. Existem atualmente no Brasil duas metodologias para a execução de zoneamentos: a do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE - 1994 e do INPE/LAGET/UFRJ - 1996. Essas duas metodologias já vem sendo amplamente utilizadas no processo de execução do zoneamento ecológico-econômico do país, responsabilidade atual do Ministério do Meio Ambiente – MMA. O zoneamento também faz parte de uma das fases do processo da gestão de recursos hídricos, sendo que para a sua implementação, é necessário que se realize uma série de estudos e levantamentos com o objetivo de subsidiar quem toma decisões no sentido de melhor gerenciar a questão da água e seus usos múltiplos. O zoneamento ambiental é o instrumento principal para o gerenciamento correto dos recursos hídricos, assim como a bacia hidrográfica é a unidade de planejamento e gestão perfeita para esse tema. No Distrito Federal gerenciar recursos hídricos torna-se uma tarefa fundamental para a manutenção da vida e da sociedade. Com o objetivo de verificar a eficiência das metodologias de zoneamento e o uso de ferramentas de Geoprocessamento nesse processo, escolheu-se a Bacia Hidrográfica do Rio Maranhão.

A Bacia do Rio Maranhão está localizada na porção norte do DF, apresentando como limites a sul as bacias do Rio Descoberto, São Bartolomeu e Lago do Paranoá. Nesta bacia estão situadas parte das regiões administrativas de Brazlândia, Sobradinho e Planaltina; no entanto, sem apresentar nenhum núcleo urbano dentro de seus limites territoriais. Os principais cursos d'água são os rios Maranhão, Palmeiras, Sonhim, Palma e Sal. (CAMPANA et al, 1999). (Figura 1).

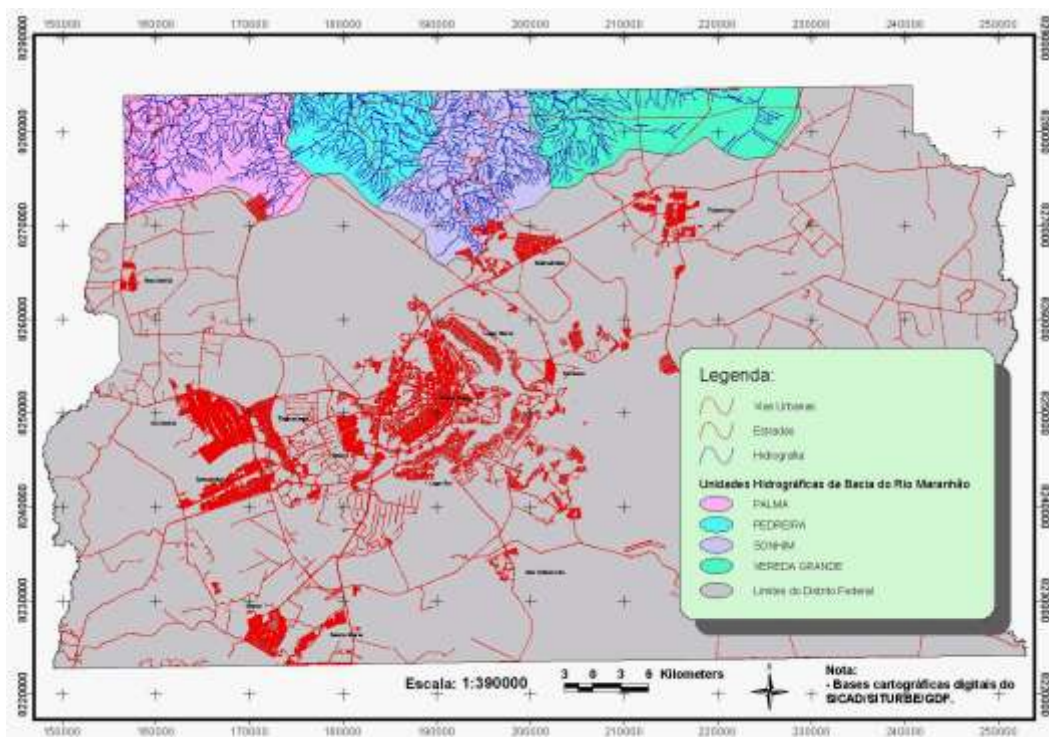


Figura 1. Localização da área de estudo.

## BASES TEÓRICAS DO TRABALHO

O zoneamento ambiental tem como objetivo “setorizar o território em zonas ou áreas específicas – paisagens – que encerram qualidades naturais e modificadas pelo homem, visando ao uso eficiente dos recursos dos diversos sistemas de ocupação” (RIBEIRO, 1998).

O termo *Geoprocessamento* pode se definido como “a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica e que vem influenciando de maneira crescente as áreas de Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional”. A ferramenta fundamental para Geoprocessamento, o chamado *Sistema de Informação Geográfica (GIS)*, permite com facilidade, realizar análises complexas integrando dados de diversas fontes e criando bancos de dados georreferenciados (CÂMARA & DAVIS, 2004).

Os conceitos de vulnerabilidade natural à erosão são aplicados tendo como base a teoria da ecodinâmica de TRICART (1977). Esta teoria leva em conta a relação morfogênese/pedogênese considerando o predomínio da morfogênese, quando há um domínio de processos erosivos que irão modificar as características do relevo, gerando constantes modificações nos terrenos e, como consequência, a vulnerabilidade natural à erosão nestas regiões será maior. De outra forma, quando há o predomínio da pedogênese, a formação do solo é dominante, e os terrenos poderão ser considerados como estáveis. Estas condições estão resumidas na tabela 1, a quantificação arbitrária dos valores médios que identificam os processos de morfogênese/pedogênese.

Unidade	Relação pedogênese / morfogênese	Valor
Estável	Prevalece a pedogênese	1
Intermediária	Equilíbrio pedogênese/morfogênese	2
Instável	Prevalece a morfogênese	3

**Tabela 1. Avaliação da vulnerabilidade nas unidades de paisagem natural, TRICART - 1977.**

Entre os dados disponíveis para gerar a carta de vulnerabilidade natural à erosão, são imprescindíveis os mapas temáticos ou integradores, que segundo as metodologias de Zoneamento Ecológico-Econômico do IBGE e do INPE, identificam física e fitograficamente os terrenos e os diferentes ecossistemas sobre os quais estão estes terrenos. Estes mapas incluem as seguintes informações temáticas: geologia, geomorfologia, pedologia, usos da terra e cobertura vegetal, dados climáticos como precipitação e temperatura, assim como o período de duração das chuvas, além de outros dados complementares que podem ser coletados no campo. Toda a base cartográfica digital e temática para o Distrito Federal utilizada nesse trabalho, é

originária do sistema SICAD/SITURB, na escala básica de 1/100.000 principalmente. De posse desses mapas foi possível à realização da codificação das classes temáticas, segundo o grau de vulnerabilidade natural à erosão. Isso foi realizado por meio de um SIG, nesse caso o programa ARCVIEW 3.2, da empresa ESRI Inc.

### ASPECTOS METODOLÓGICOS

Tendo como base as metodologias do IBGE e INPE/LAGET/UFRJ, foi realizada a integração dos dados temáticos, analisando os temas do ponto de vista físico, biótico e ambiental.

A primeira etapa do trabalho consistiu na análise individual de cada uma das informações contidas nos mapas temáticos. Em primeiro lugar foi analisada a geologia da bacia em estudo, de modo que as litologias foram avaliadas de acordo com suas características físicas de resistência à erosão. Em seguida foram analisados e codificados, de acordo com os padrões metodológicos de TRICART (1977), os temas: geomorfologia, pedologia, vegetação, clima, uso e ocupação de 1994 e declividade dos terrenos da bacia.

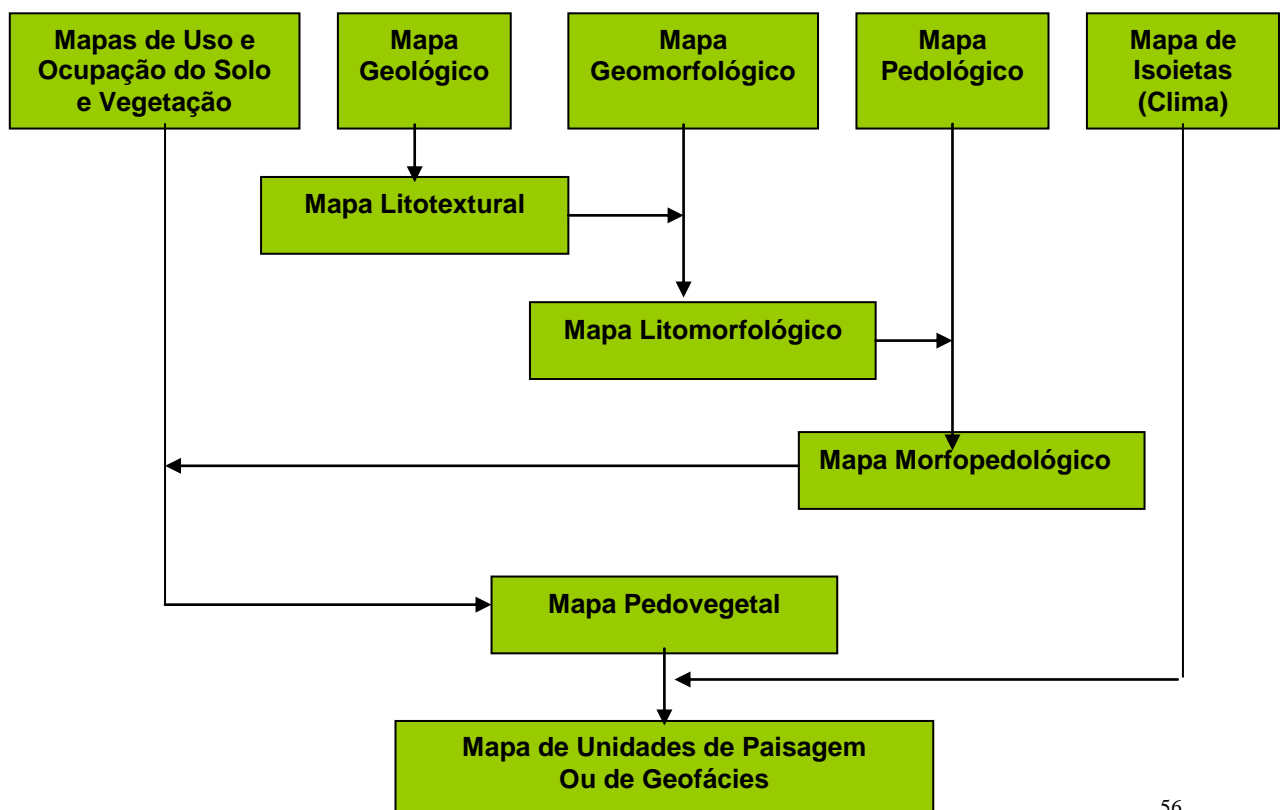
A partir desses mapas procedeu-se então a análise dos elementos físicos da paisagem para a avaliação da estabilidade ou vulnerabilidade (resistência ao processo natural de erosão) das unidades de paisagens homogêneas. Considerou-se a relação entre os processos de morfogênese e pedogênese por meio da análise integrada dos litotipos, dos solos, do relevo e da vegetação. Devido à interferência dos processos dinâmicos, foram empregadas também informações complementares de clima e uso da terra. A tabela 2 apresenta os parâmetros específicos de cada tema na avaliação em questão.

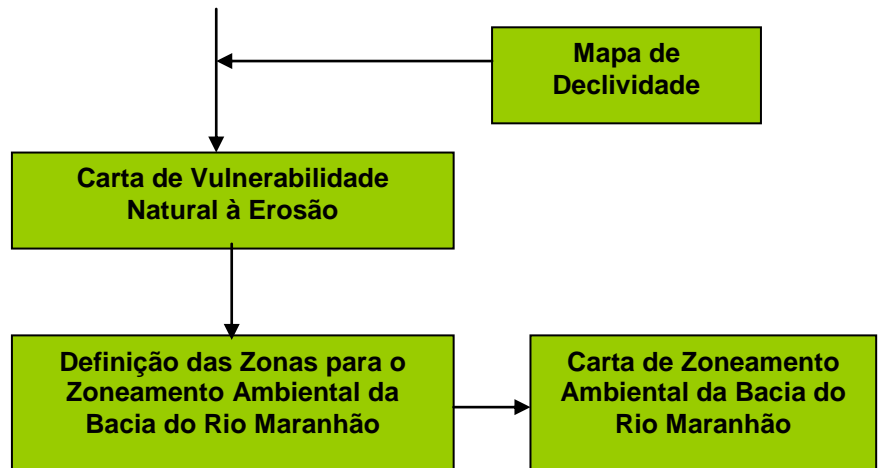
<b>Parâmetros</b>	<b>Características Principais</b>
<b>Geologia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parâmetros litológicos (mineralogia, alteração etc.)</li> <li>• Formações superficiais</li> </ul>
<b>Geomorfologia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelagem do relevo</li> <li>• Declividade das encostas</li> <li>• Intervalos altimétricos</li> <li>• Análise das geoformas e suas relações com a paisagem</li> </ul>
<b>Pedologia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Classes de solos e suas características físicas e mineralógicas</li> <li>• Morfologia dos solos</li> <li>• Manejo dos solos e aptidão agrícola</li> </ul>
<b>Vegetação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regiões fitoecológicas</li> <li>• Características da vegetação</li> </ul>
<b>Clima</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parâmetros de precipitação.</li> </ul>

**Tabela 2 - Classes de Informações das cartas temáticas usadas no zoneamento ambiental do Rio Maranhão (CÁRDENAS, 1999).**

Esses mapas foram em seguida cruzados e avaliados nos seus aspectos de estabilidade (valor 1), moderadamente estável/instável (valor 2) e instável (valor 3), gerando assim os mapas derivados para gerar o mapa das Unidades de Paisagem, constituindo o resultado de uma análise sistemática, de acordo com os requerimentos da metodologia proposta, conforme expresso no diagrama da Figura 2. Os mapas Geoambientais intermediários (Litotextural, Litomorfológico, Morfopedológico, Pedovegetal e Geofáceis) caracterizam as áreas de uma maneira geral e foram produzidos a partir da metodologia desenvolvida pelo IBGE (1994). Os pesos específicos foram atribuídos a cada classe dos mapas temáticos, sendo inseridos como atributo nos bancos de dados de cada um. Os cruzamentos dos mapas temáticos e a reclassificação dos atributos das cartas resultantes deram origem aos mapas derivados. Levou-se em consideração os pesos específicos e os princípios estabelecidos na tabela 02. Sempre que um polígono de uma classe determinada de um mapa é sobreposto a outro com maior peso de um outro mapa, prevaleceu o critério mais restritivo, ou seja, os novos polígonos produzidos foram reclassificados com o valor do peso específico maior.

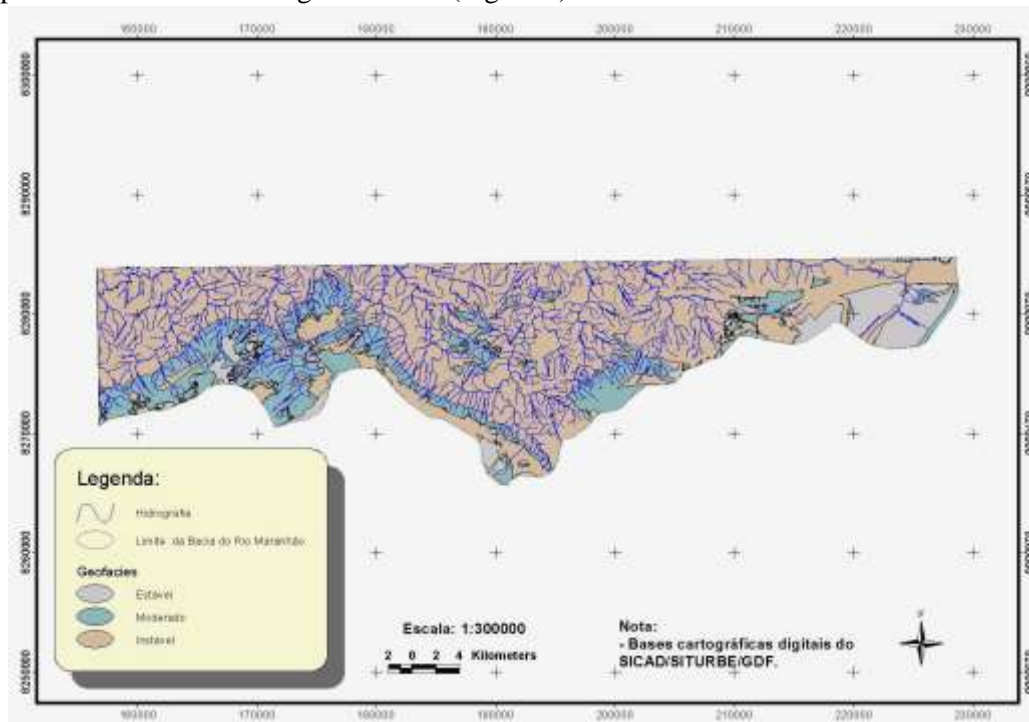
As classes temáticas referentes à vegetação nativa, áreas de proteção de mananciais, as áreas de preservação permanentes, os topos de morro, lagos, lagoas e reservatórios, essas classes devem prevalecer sobre os polígonos superpostos no processo de reclassificação dos atributos, independentemente de seus pesos específicos. Procura-se dessa forma preservá-las integralmente, evitando que sejam incorporadas em unidades da paisagem que permitam algum tipo de uso, além do que essas mesmas farão parte de uma das zonas do zoneamento ambiental propriamente dito, ou seja, uma zona de preservação total.





**Figura 2 - Síntese da metodologia utilizada no Zoneamento Ambiental da Bacia do Rio Maranhão (CÁRDENAS, 1999, modificado).**

A vulnerabilidade dos solos esta condicionada as características físicas dos mesmos no tocante a maior ou menor susceptibilidade a erosão. O mapa morfopedológico é integrado com as informações sobre os usos atuais da terra, extraídos de imagens coloridas LANDSAT-TM, nas bandas 543 normalmente, que no caso desse estudo, foi utilizado um mapa cuja interpretação da imagem foi feita em 1994. Isso determinará, então, novos pesos de vulnerabilidade para as unidades do mapa Pedovegetal. Outra informação que faz parte do processo de análise corresponde às isoietas de precipitação média anual, as quais determinam áreas com regimes de chuva distintos (forte, médio e fraco). Assim, é finalmente obtido o mapa das Unidades de Paisagem Natural (Figura 3).

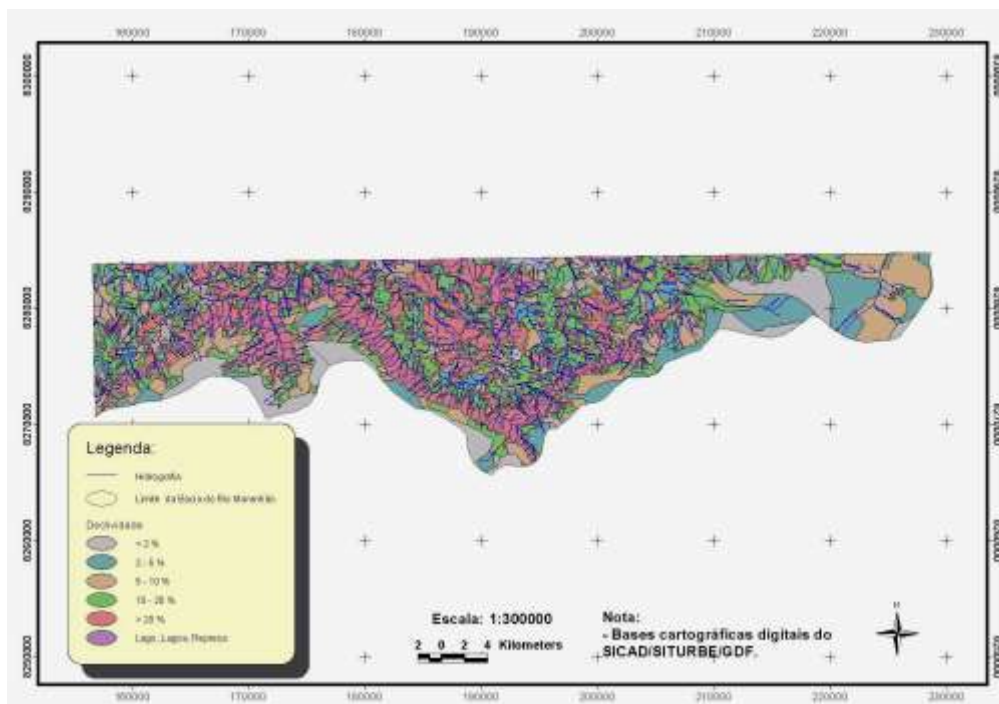


**Figura 3. Mapa das unidades de paisagem da bacia do Rio Maranhão.**

Este mapa possui as informações dos parâmetros físicos e de vegetação, envolvidos na análise dos ecossistemas, com a sua respectiva quantificação em termos do potencial de vulnerabilidade natural à erosão. Com os atributos finais, correspondentes aos valores de vulnerabilidade natural à erosão, para cada um dos parâmetros anteriormente definidos e integrados, representa-se então o potencial de vulnerabilidade natural à erosão dos terrenos segundo metodologia do INPE.

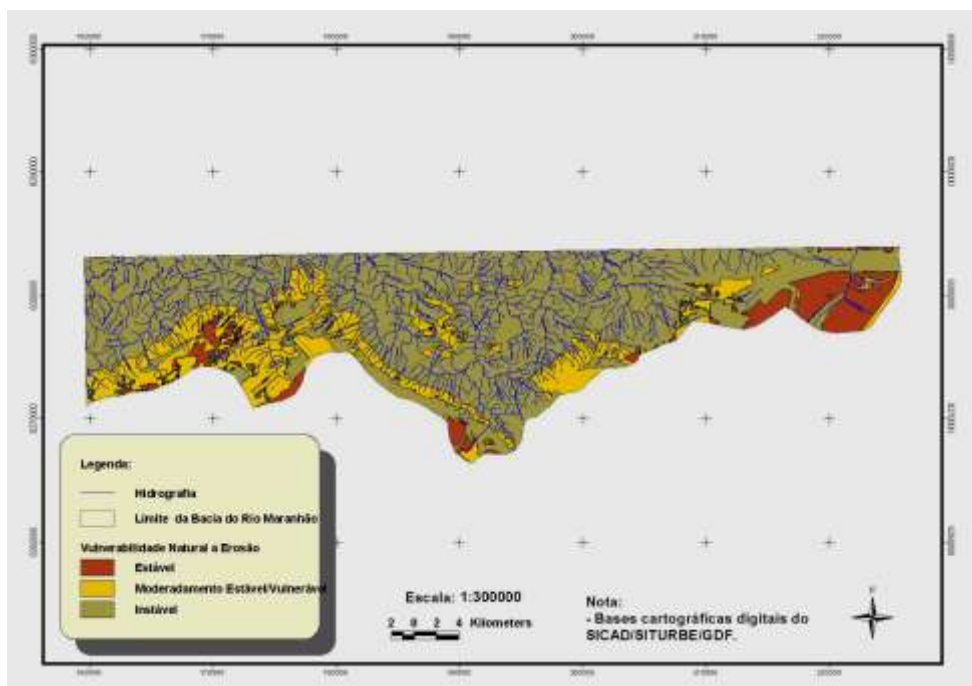
### INTEGRAÇÃO DE DADOS

O mapa das unidades de paisagem, um dos produtos finais na geração da carta da vulnerabilidade natural à erosão, constitui as menores unidades cartografáveis da paisagem, em uma escala de 1:100.000, tendo como característica principal uma história evolutiva similar, e comportamento fisionômico de unidades homogêneas. De acordo com as metodologias de zoneamento, o mapa com as unidades de paisagens é integrado ao mapa das classes de declividades (Figura 4), que se configura como o ultimo parâmetro para definição das classes de vulnerabilidade natural à erosão. Em uma combinação entre as tabelas de atributos das classes analisadas, foi possível determinar os valores do potencial de vulnerabilidade natural à erosão de cada uma das unidades de paisagem, a vulnerabilidade dos terrenos da bacia do Rio Maranhão no Distrito Federal, que pode ser visualizado por meio da Figura 5.



**Figura 4. Classes de declividades da bacia do Rio Maranhão no Distrito Federal.**

As classes de declividades, em percentagem, indicam de áreas planas até fortemente escarpadas, como é ilustrado na figura 4. Esse mapa para a determinação final do zoneamento ambiental e das classes de vulnerabilidade natural à erosão propostas pelo INPE é de fundamental importância, visto que ele indica o grau de inclinação dos terrenos e a necessidade de preservar a cobertura vegetal natural das áreas de encostas da área da bacia em estudo (Figura 5).



**Figura 5. Mapa das classes de vulnerabilidade natural à erosão para a bacia do Rio Maranhão.**

## RESULTADOS OBTIDOS

As duas metodologias analisadas nesse trabalho se mostraram muito eficientes no que tange ao processo de gestão do território e dos recursos hídricos.

A utilização de Geoprocessamento constitui-se em importante ferramenta para a realização de pesquisas que manipulam grandes bases de dados espaciais, principalmente para fins de gestão territorial.

Normalmente em tarefas de zoneamento, uma grande quantidade de dados vetoriais temáticos é manipulada para gerar outros produtos que servirão para a definição das ditas zonas de uso e não uso, características desse tipo de trabalho.

Com o resultado da classificação dos vários mapas temáticos básicos para o zoneamento, em relação à vulnerabilidade natural a erosão, é possível conhecer as áreas que apresentam alto risco de erosão, assim como também as áreas potencialmente estáveis, podendo-se planejar com maior segurança, o melhor tratamento a ser dado a essas áreas para um uso e ocupação atual e futura, respeitando a sustentabilidade e as limitações do meio físico natural (Figura 5).

Dos 76.813,791 hectares mapeados da bacia do Rio Maranhão, aproximadamente 71,61 % localiza-se em áreas de alta instabilidade ambiental; 20,22% em áreas consideradas moderadas para uso, ou uso com restrições; e apenas 8,17% podem ser consideradas áreas estáveis, de uso sem restrições. Isso demonstra que os usos e a ocupação nessa bacia precisam ser bem avaliados antes de serem permitidos pelo poder público.



CVNE (1)	CLASSES	ÁREA (HECTARES)	ÁREA (%)
1	Estável	6275,361	8,17
2	Moderado	15529,676	20,22
3	Instável	55008,754	71,61
Total		76813,791	100,00

**Tabela 3 – Valores de área das classes de vulnerabilidade natural a erosão da bacia do Rio Maranhão.**

(1) – CVNE, Classes de Vulnerabilidade Natural a Erosão.

## CONCLUSÕES

Podemos concluir que com o uso das ferramentas de Geoprocessamento, a manipulação e a análise de bases de dados digitais para geração de cartas de Vulnerabilidade Natural à Erosão e a execução de zoneamentos ambientais, como subsídio à gestão de recursos hídricos, é possível obter resultados de ótima precisão e confiabilidade. Além do que novas informações podem ser integradas de maneira rápida e eficiente no sistema.

Gostaríamos de recomendar que a junção dessas duas metodologias seja utilizada pelo Governo do Distrito Federal - GDF, para a gestão não somente do território, mas para a gestão dos recursos hídricos da região, visto que, esses recursos vêm sofrendo cada vez mais com o uso e a ocupação desordenados no DF. A utilização de ferramentas de Geoprocessamento contribuiria muito para a eficiência da gestão recursos naturais como um todo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CÂMARA, G. & DAVIS, C. *Introdução à Ciência da Geoinformação*. São José dos Campos: INPE. 2004. [Online]. <<http://www.dpi.inpe.br/gilbert/livro/intro/index.html>>.
- CAMPANA, Néstor Aldo. MONTEIRO, Maurício Pontes. KOIDE, Sergio. CORDEIRO NETO, Oscar. *Inventário hidrogeológico e dos recursos hídricos superficiais do Distrito Federal*. Instituto de Geociências da Universidade de Brasília. IEMA/SEMATEC/UnB. 1998. Volume 3a. Brasília/DF. 111p.
- CÁRDENAS, F.P.A. *Zoneamento Geoambiental de uma Parte da Bacia do Rio Nechí – Colômbia, por Meio de Técnicas de Geoprocessamento*. Brasília, Dissertação de Mestrado, Departamento de Geologia, Universidade de Brasília. 1999.
- IBGE. *Zoneamento Ecológico – Econômico da área do Entorno do Distrito Federal*. Sumário Executivo. Goiânia. SEPLAN – IBGE. 1994.117 p.
- INPE. *Sensoriamento Remoto Aplicado a Zoneamento Ecológico – Econômico. Cartas de Vulnerabilidade Natural à Erosão*. São José dos Campos. 1996.
- RIBEIRO, M. A. *Ecologizar: Pensando o Ambiente Humano*. Belo Horizonte: Rona, 1998. 392p.
- TRICART. *Ecodinâmica*. Rio de Janeiro: IBGE (SUPREN). 1977. 97 p.