

# DETERMINAÇÃO DO RISCO DE EROSÃO COM UTILIZAÇÃO DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS<sup>1</sup>

Quintino Reis de Araujo<sup>2</sup>  
Luiz Pacheco Motta<sup>3</sup>  
Ana Luisa Fagundes Salomão<sup>4</sup>  
Ricardo Seixas Brites<sup>5</sup>

## 1. INTRODUÇÃO

Um dos princípios básicos na atividade rural deve ser o manejo adequado da terra, para o que se faz necessário conhecer a dinâmica do ambiente. Daí, a definição de políticas de uso e ocupação da terra ser impulsionada a partir dos desequilíbrios causados pelo modelo agrícola predominante e das exigências dos consumidores quanto a medidas de proteção ambiental e maior qualidade dos alimentos.

Os solos como interface da litosfera, atmosfera, biosfera e hidrosfera (3) desempenham papel muito importante nas atividades humanas, visto serem a base da sustentação de grande número delas. Por refletir interações da rocha de origem com o clima e componentes bióticos, os solos se constituem, em grandes escalas, excelentes estratificadores do meio.

---

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 24.03.1995.

<sup>2</sup> CEPLAC/CEPEC. Cx. Postal 07. 45600-000 Itabuna, BA. Bolsista do CNPq.

<sup>3</sup> Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa. 36571-000 Viçosa, MG. Bolsista do CNPq.

<sup>4</sup> IBAMA. Av. L4 - Norte - SAIN - 70818-900 Brasília, DF. Viçosa, MG. Bolsista do CNPq.

<sup>5</sup> Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa.

A erosão é o principal fenômeno de degradação do solo, com sérios reflexos no contexto ambiental. Os mapas de risco de erosão objetivam mostrar (4) a expectativa de perda de solos sob sistemas alternativos de ocupação da terra, fornecendo a base para seleção de áreas prioritárias quanto à conservação do solo.

O uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) vem facilitar o aprofundamento do conhecimento sobre essa problemática, considerando-se, inclusive, o grande número de informações, que poderiam compor um banco de dados, com vistas aos estudos de risco de erosão dos solos.

Um SIG pode ser conceituado (18) como um sistema constituído de equipamentos computacionais, programas e procedimentos concebidos para prover a captura, o gerenciamento, a manipulação, análise, modelagem e visualização de dados espacialmente referenciados para a solução de problemas complexos em planejamento e gerência. O uso do SIG em estudos ambientais é possível, considerando, segundo Burrough (1986), citado por FORMAGGIO *et alii* (9), a concepção de que os dados armazenados representam modelos do mundo real.

As principais características dos SIGs (5) são a possibilidade de: (a) integrar, numa única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados de censo e cadastro urbano e rural, imagens de satélites, redes e MNTs (modelos numéricos de terreno); (b) combinar as várias informações por meio de algoritmos de manipulação, para gerar mapeamentos derivados; e (c) consultar, recuperar, visualizar e desenhar o conteúdo de base de dados geocodificados.

Os dados de um SIG podem ser identificados de duas formas, conforme EASTMAN (7), uma delas define geograficamente as feições da superfície da terra e a outra descreve os atributos ou as qualidades dessas feições. São, portanto, dados referentes à localização, quantificação e qualificação de cada entidade que define determinada feição.

Os mapas podem ser obtidos, com uso de um SIG, com rapidez e precisão, possibilitando atualização dos bancos de dados e um zoneamento mais adequado e eficiente das áreas em estudo, substituindo métodos tradicionais (19). O seu uso tem se difundido rapidamente em várias áreas de estudo, com diversos trabalhos na área de solo/manejo ambiental (1, 9, 13, 15, 22, 24).

Este trabalho tem por objetivo identificar, em um estudo de caso, o risco de erosão com aplicação de um SIG. Para tanto, será utilizado critério qualitativo a partir de informações de declividade, solos, precipitação pluviométrica, geologia e vegetação de uma área abrangendo as regiões sudeste de Montes Claros e noroeste de Bocaiúva, municípios de Minas Gerais, aplicando-se o sistema IDRISI.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A área estudada localiza-se entre as coordenadas geográficas  $16^{\circ}45'00''$  e  $17^{\circ}00'00''$  S e  $43^{\circ}45'00''$  e  $44^{\circ}00'00''$  W (Figura 1), ocupando uma área de 72.187,5 ha, abrangendo o sudeste de Montes Claros e o noroeste de Bocaiúva, municípios do Estado de Minas Gerais.

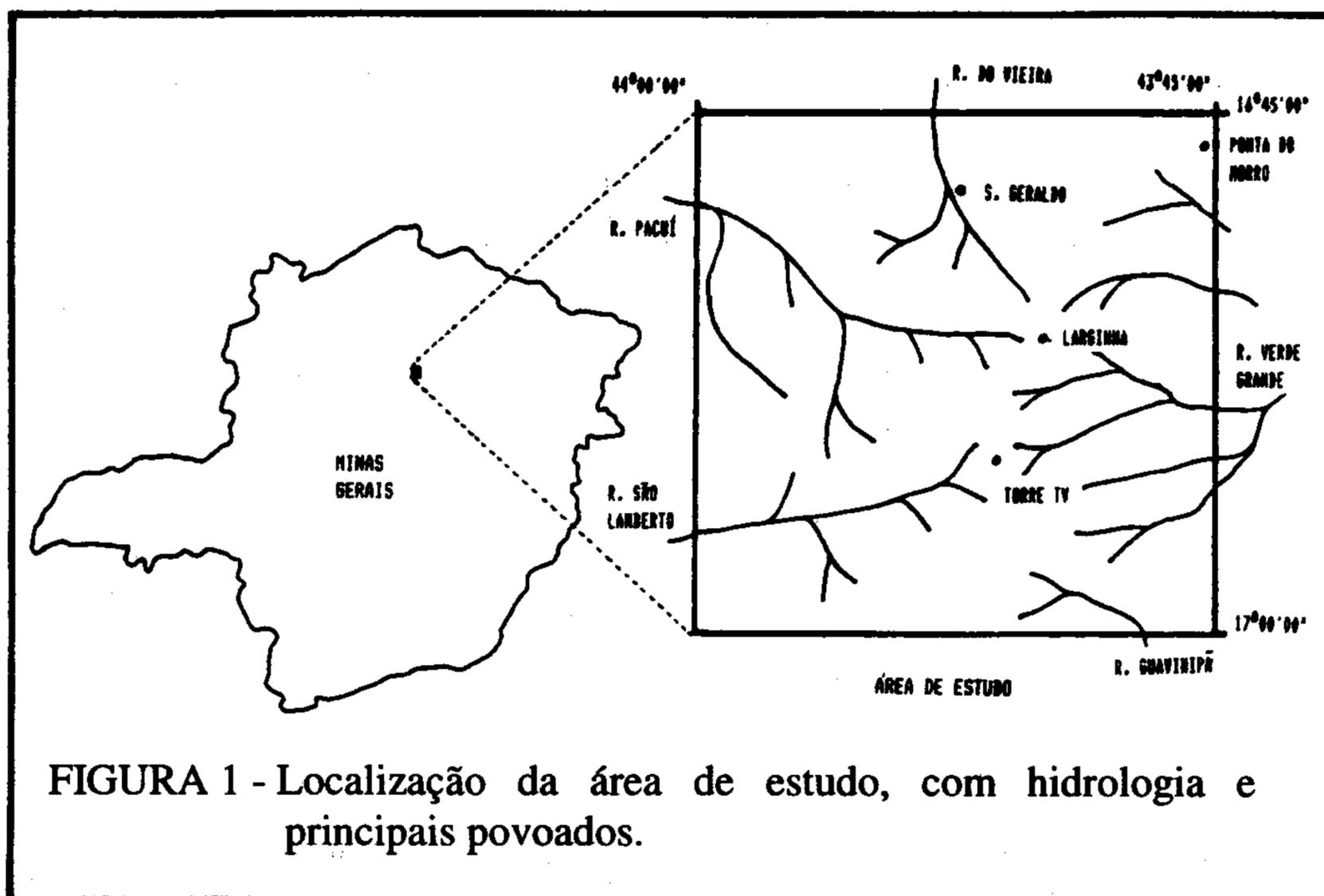


FIGURA 1 - Localização da área de estudo, com hidrologia e principais povoados.

Esta área situa-se na macrorregião VI (Noroeste) do Estado de Minas Gerais, possuindo clima predominante tipo Aw (segundo Koeppen), com altitude média em torno de 649 m (2, 21).

As fontes de dados básicos da área para o presente estudo constituíram-se de:

a) mapa planialtimétrico a partir de carta geográfica, folha SE-23-X-A (Montes Claros), na escala de 1:250.000, elaborada pela Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (11);

b) mapa exploratório de solos, na escala de 1:750.000, elaborado pelo Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo (8);

c) registros da precipitação média anual no Atlas Climatológico do Estado de MG (20);

d) mapa de litologia geral/unidades geológicas, na escala de 1:750.000, conforme a Fundação Centro Tecnológico de MG (6); e

e) mapa de vegetação, na escala de 1:750.000, com base no Uso da Terra (6).

Utilizando este material, prepararam-se os mapas temáticos (declividade, erodibilidade do solo, erosividade da chuva, litologia/geologia e vegetação), os quais se constituem nos dados básicos para as operações analíticas no programa de SIG.

Na preparação dos mapas temáticos foram estabelecidos atributos (Quadro 1) para cada componente dos mapas originais, compatibilizando a escala de trabalho, estabelecida em 1:250.000, para posterior armazenamento, processamento e análise dos dados.

**QUADRO 1 - Atributos estabelecidos para as características de cada mapa temático**

-----Mapa-----					
Declividade do solo (%)	Unidade de solo	Precip. (mm)	Litologia/geologia	Vegetação	Atributo
-----Características-----					
0-2,5	Latossolo	1.100	Form. areado	Cerrado	1
2,5-5,0	Terra Rocha Estruturada	1.150	Gr. bambuí	Campo	2
5,0-10,0	Cambissolo	1.200		Pasto	3
> 10,0	Podzólico			Pasto + Cultura	4
	Litólico				5

Para que os mapas se apresentassem em condição de serem arquivados no programa, para posterior análise entre eles, foram ampliados, reduzidos ou parcialmente redesenhados.

Para conveniente digitalização e distribuição dos seus diversos atributos, sobrepõe-se aos mapas uma malha quadriculada, dividindo a área conforme matriz de 105 linhas por 105 colunas. Cada mapa ficou constituído de 11.025 células, representando cada uma, no campo, a área de 65.476,26 m<sup>2</sup>. Cada célula apresentava 261,905 m no sentido da latitude e 250,00 m no sentido da longitude. Esse quadriculado é que permite a adequada superposição dos mapas gráficos.

No quadriculado (grade ou "grid") que compõe cada mapa, uma célula (ponto ou "pixel") representa um atributo referente à localização e

quantificação e, ou, qualificação de cada ponto. Conforme menciona EASTMAN (7), os pontos são codificados pelas suas coordenadas X e Y, como latitude e longitude, rede de coordenadas UTM, dentre outras.

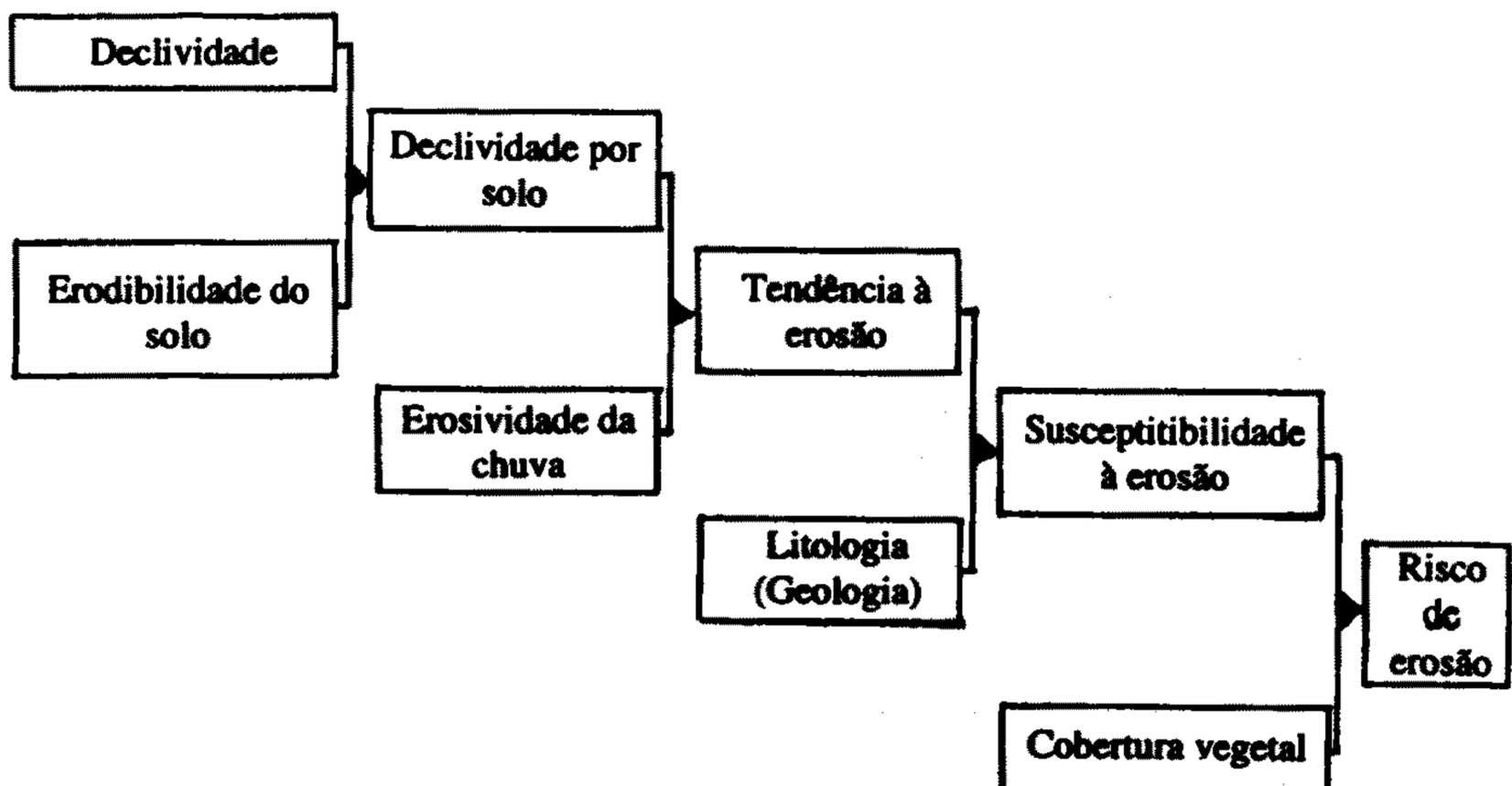
No presente trabalho, a digitalização foi realizada de forma manual, tendo o programa de SIG usado o IDRISI, processado os dados célula a célula pelo sistema *raster*, isto é, com os dados tratados sob a forma matricial. O IDRISI caracteriza-se por ser de baixo custo e de fácil operação em computadores de pequeno porte, com utilização, por exemplo, em avaliação de impactos ambientais e planejamento territorial (15, 16). A utilização do IDRISI seguiu orientações descritas em EASTMAN (7).

Em um SIG as operações analíticas são orientadas para mapas e, conforme comentado por ALVES (1), essas operações são geralmente chamadas de modelagem cartográfica.

No manuseio dos dados armazenados podem ser produzidos mapas, gráficos, tabelas, modelos tridimensionais, dependendo do sistema utilizado.

O estabelecimento de um roteiro metodológico definido previamente é passo importante para o atendimento dos objetivos do trabalho. O risco de erosão de um solo pode ser interpretado como a probabilidade de desencadeamento da erosão acelerada em futuro próximo (4). A integração dos mapas temáticos (declividade, erosão, erosividade e litologia) gerará o mapa de susceptibilidade à erosão que, em seguida, integrado com o mapa de cobertura vegetal, conforme estudo de LIMA *et alii* (12), originará o mapa de risco de erosão do solo.

Assim sendo, no presente trabalho, seguiu-se metodologia na qual os mapas foram integrados de acordo com o fluxograma



### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Mapas Temáticos Obtidos

a) Mapa de Declividade (Figura 2), elaborado com valores médios a partir dos dados planialtimétricos, obtendo-se, em intervalos aproximados, as seguintes classes associadas à relação provisória de susceptibilidade à erosão:

Classes de declividade (%)	Susceptibilidade à erosão
0-2,5	muito baixa
2,5-5,0	baixa
5,0-10,0	moderada
> 10,0	forte

b) Mapa de Erodibilidade do Solo (Figura 3), basicamente como representativo de cada solo, constituído pelas seguintes classes associadas a uma relação provisória de susceptibilidade à erosão:

Unidade de solo	Classes de erodibilidade (K) (17, 23)	Susceptibilidade à erosão
Latossolo	0,04	muito baixa
Terra Roxa Estruturada	0,11	baixa
Cambissolo	0,11	média
Podzólico	0,18	alta
Litólico	0,25	muito alta

Os solos aqui generalizados em unidades, conforme dados da EMBRAPA (8), constituem-se de forma mais detalhada de:

- Latossolo - LVa10 (associação Latossolo Vermelho-Amarelo + Latossolo Vermelho - Escuro + Cambissolo, Tb, álicos, relevo plano e suave ondulado); e, em menor proporção, LVa7 (Associação Latossolo Vermelho-Amarelo + Latossolo Vermelho-Escuro, álicos, textura argilosa e média, relevo plano e suave ondulado);
- Terra Rocha Estruturada - TSa (Associação de Terra rocha Estruturada similar, textura média - argilosa + Podzólico

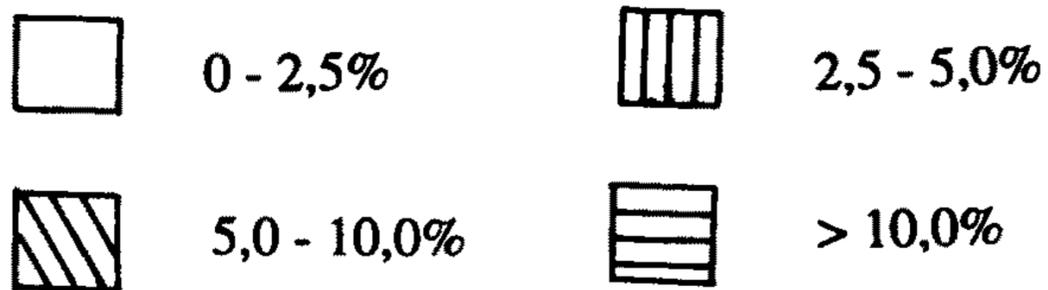
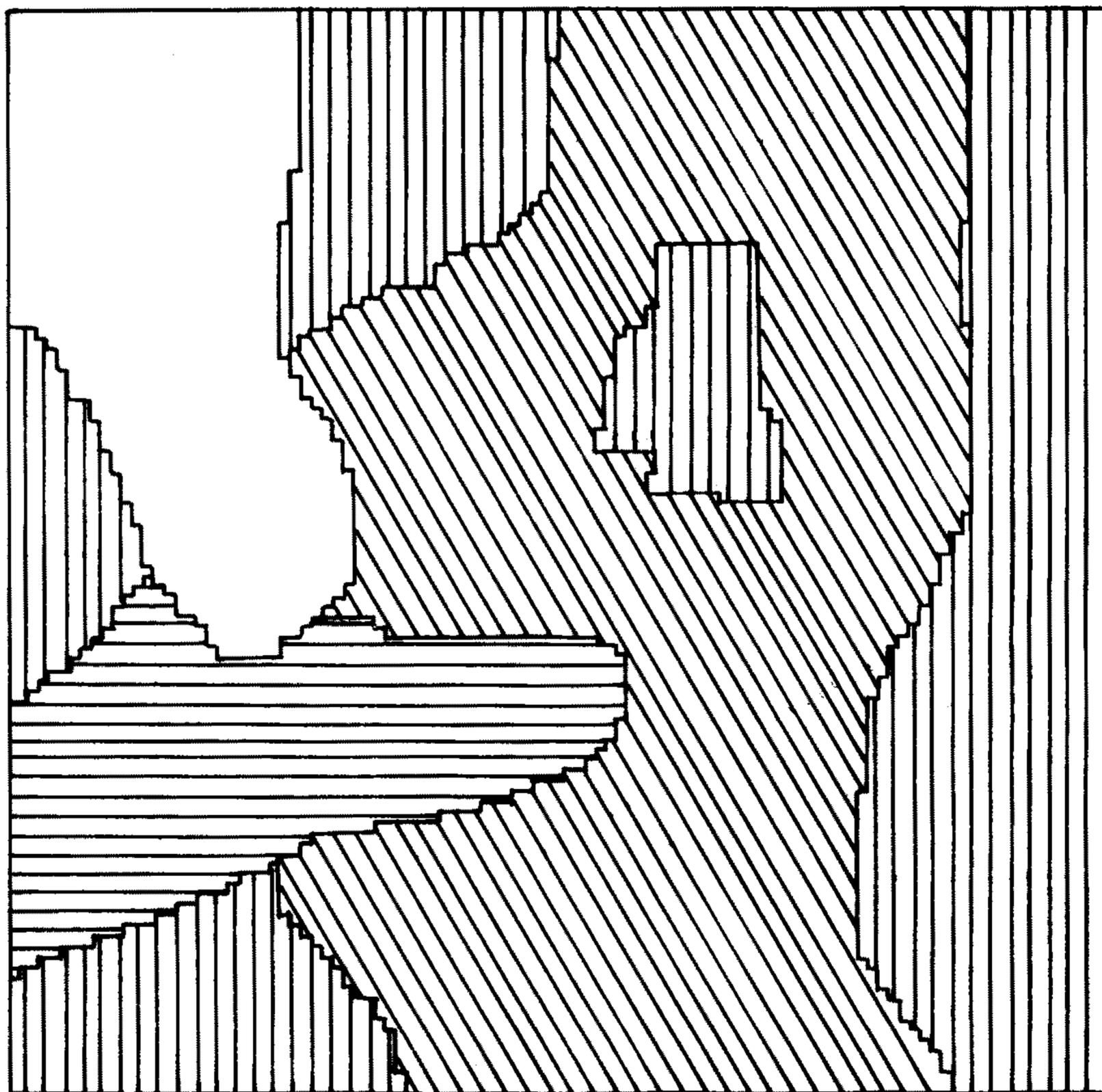
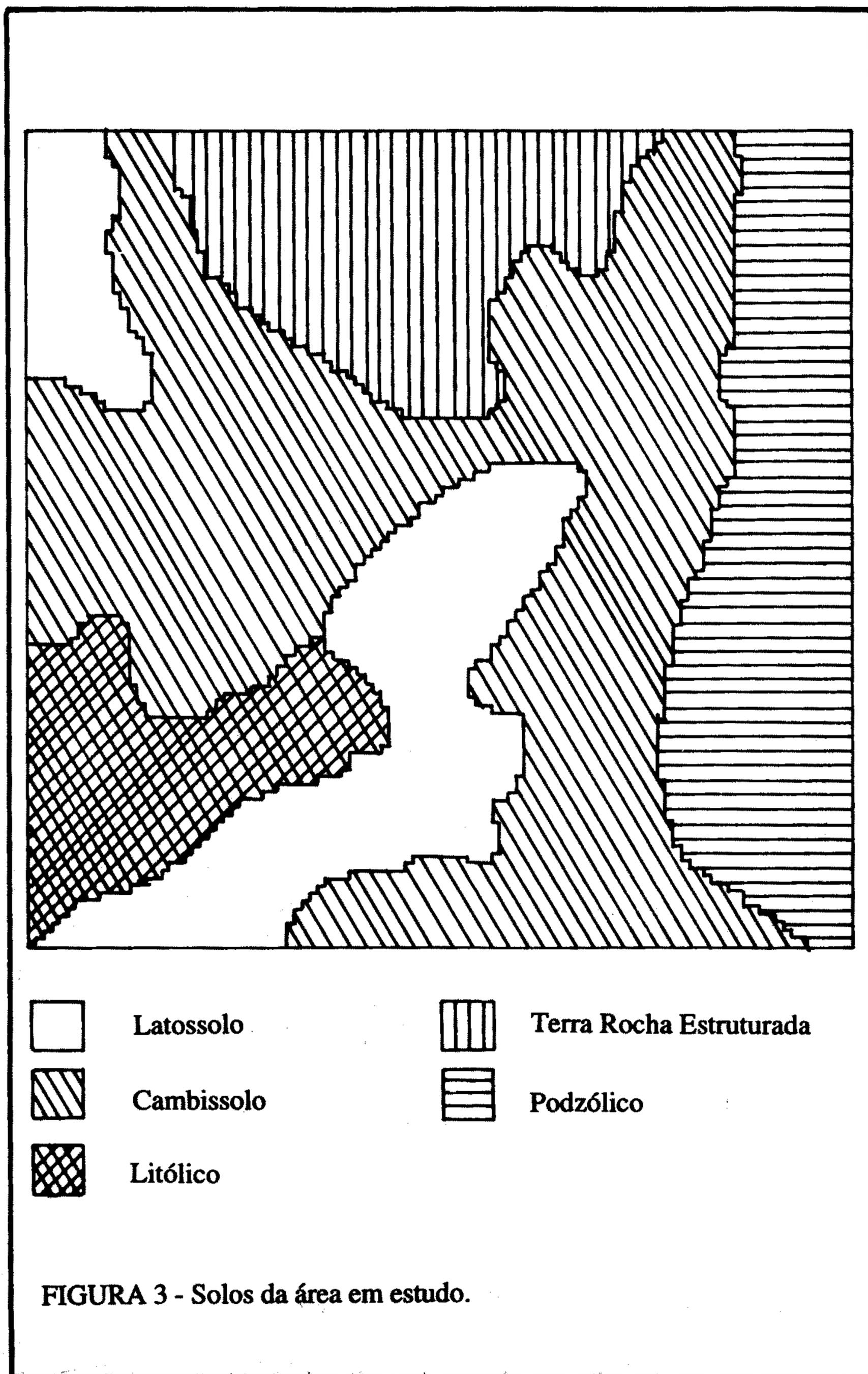


FIGURA 2 - Declividade do solo da área em estudo.



Vermelho-Amarelo, álico, relevo plano e suave ondulado); e, em menor proporção, TSe4 (Associação Terra Rocha Estrutura similar + Cambissolo + Litólicos e afloramentos de rochas, relevo ondulado e forte ondulado);

- Cambissolo - Ca3 (Associação Cambissolo + Litólico, relevo suave ondulado e ondulado); e Ca2 (Associação Cambissolo, Tb + Litólico + Podzólico Vermelho-Amarelo, álicos, textura argilo-siltosa, relevo suave ondulado e ondulado);
- Podzólico - PVa (Podzólico Vermelho-Amarelo, textura média argilosa + Cambissolo, álicos, relevo ondulado e suave ondulado);
- Litólico - Rei (Associação litólicos eutróficos e álicos. A moderado, textura argilosa, siltosa e média + Podzólico Vermelho-Amarelo + Cambissolo, Tb, relevo ondulado e forte ondulado).

c) Mapa de Erosividade da Chuva (Figura 4), gerado a partir de informações de precipitação média anual, usando-se as Normais Climatológicas de 1931-1960 (10).

Para se ter uma idéia da magnitude da erosividade da chuva, recorreu-se à equação estabelecida por LEPRUN (12), em estudos feitos para o Nordeste brasileiro:

$$R = 0,13P^{1,24}$$

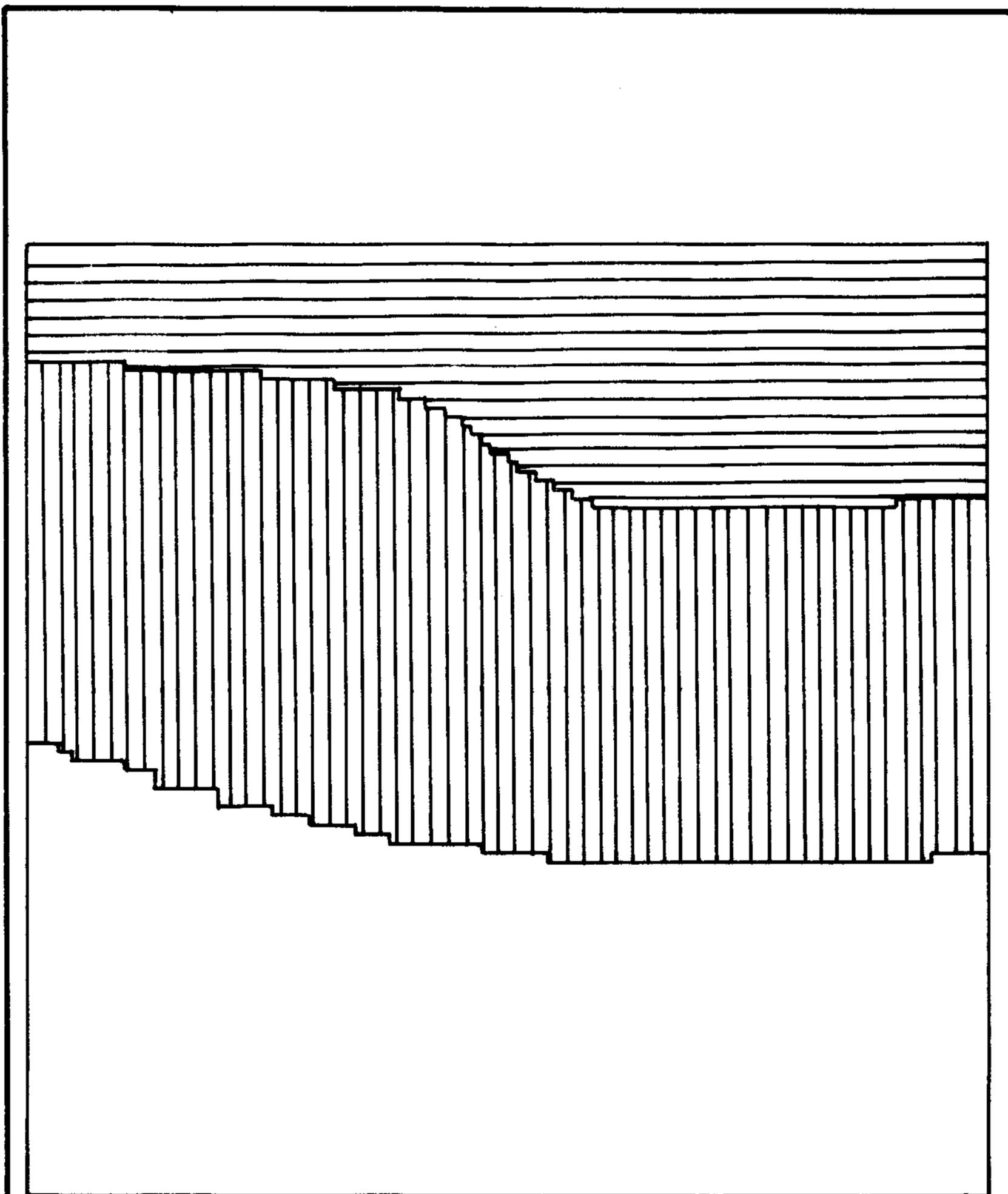
em que

R = Erosividade média anual; e

P = Precipitação anual média.

Assim sendo, a área apresentou as condições abaixo apresentadas de erosividade da chuva, com suas respectivas classes provisórias de susceptibilidade à erosão.

Precipitação anual média (mm)	Erosividade da chuva (R)	Classes	Susceptibilidade à erosão
1100	767,84	700-800	média
1115	811,35	800-850	alta
1200	855,32	> 850	muito alta



1.100 m



1.150 m



1.200 m

FIGURA 4 - Precipitação pluviométrica anual média da área em estudo.

d) Mapa de Litologia, estabelecido em relação com as unidades geológicas da área (Figura 5), assim resumidas, com base em CETEC (6):

- Ka - Formação Areado, do cretáceo superior, apresentando como litologia geral arenitos, argilitos, folhelhos, siltitos, conglomerados, subordinado por arenitos calcíferos. Mineralogia composta por quartzo, serixita, argilo-minerais e calcita. Principal estrutura desta unidade são as constantes estratificações cruzadas nos litossomas arenosos. Normalmente o manto de decomposição dessas rochas é pouco desenvolvido.
- p e b - Grupo Bambuí, do Pré-Cambriano, com litologia geral de silito, ardósia, filitos calcíferos, calcários e dolomitos. Mineralogia representada por minerais de argila, sericita, quartzo, muscovita, feldspato, calcita, dolomita, hercínita, galena, blenda, apatita, fluorita etc. A natureza pelítica e carbonatada favoreceu a formação de espesso manto de decomposição, ao passo que nas rochas quartzosas o manto de decomposição é praticamente nulo.

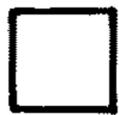
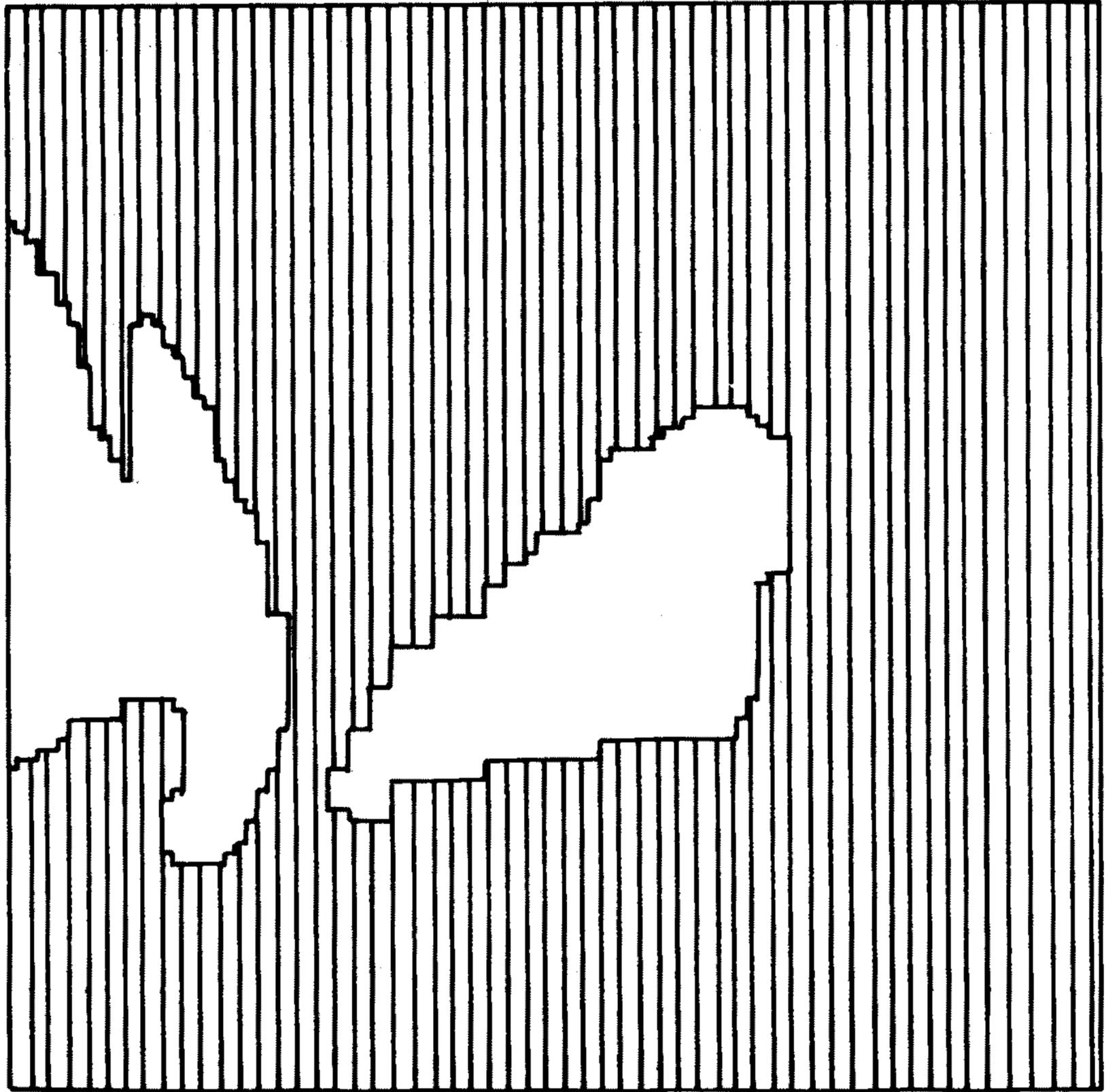
e) Mapa de vegetação (Figura 6), preparado com referência no uso do solo (6), cuja situação revelava as seguintes coberturas vegetais básicas, relacionadas com a ordem crescente de susceptibilidade à erosão, em função do grau de proteção do solo:

- Ce = cerrado: formação vegetal apresentando três estratos: arbóreo, arbustivo e herbáceo;
- Ca - campo: apresentando predominância do estrato herbáceo
- Pasto: inicialmente desmatado, explorado com culturas perenes ou anuais e, depois, semeado com capins-jaraguá, meloso ou colonião;
- P + Ac: explorado predominantemente com culturas anuais ou perenes de produtos de exportação ou matérias-primas para agroindústrias (café, cana, soja).

### 3.2. *Processamento e Análise dos Dados*

Como etapas intermediárias, seguindo-se o fluxograma estabelecido, foram gerados os mapas derivados: declividade por solo, pela integração de declividade com erodibilidade, tendência à erosão, pela integração de declividade por solo com erosividade das chuvas; e susceptibilidade à erosão, da integração entre tendência à erosão e geologia.

Em cada etapa algumas informações parciais revelavam áreas nas



Formação Areado



Grupo Bambuí

FIGURA 5 - Unidades geológicas da área em estudo.

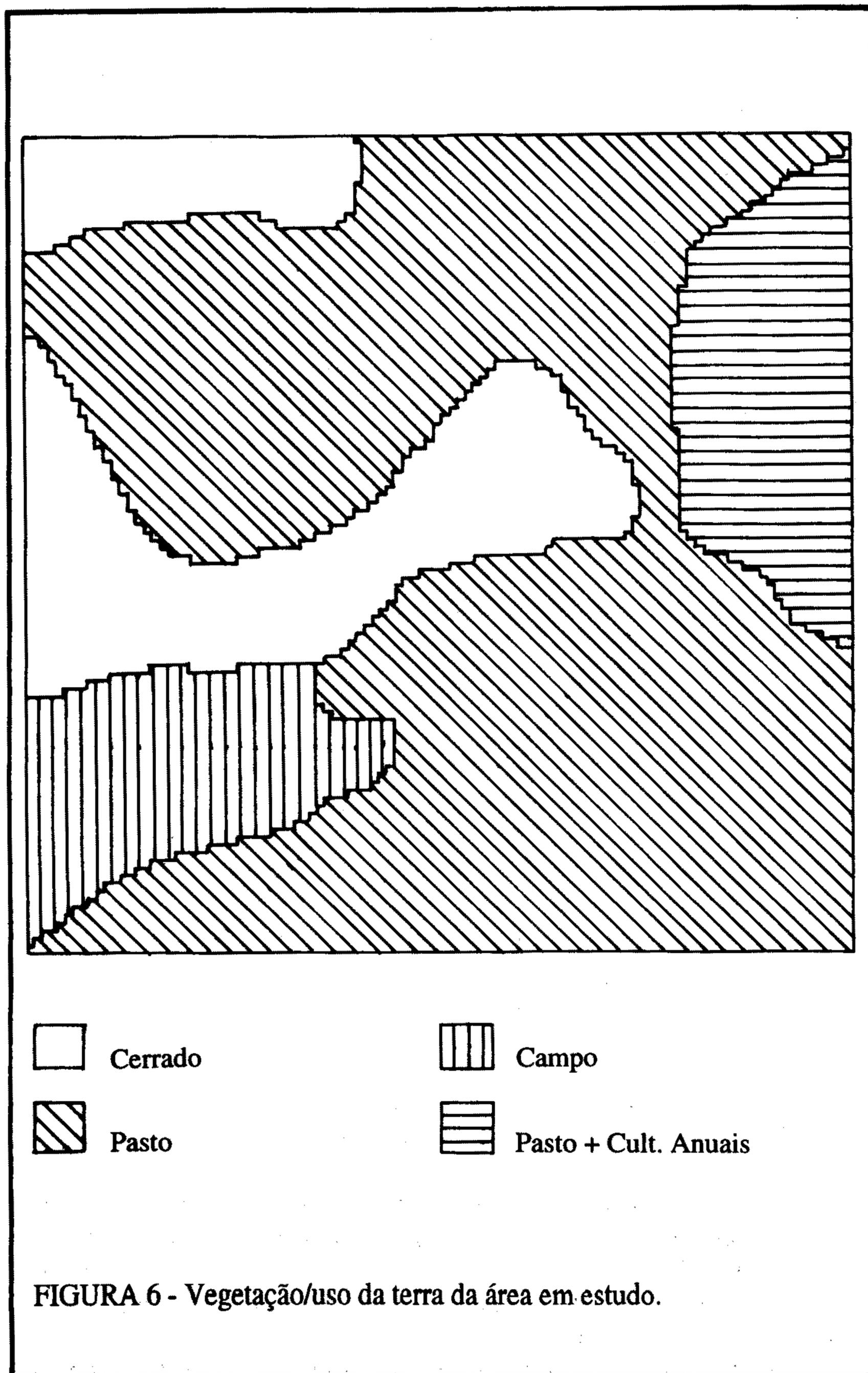


FIGURA 6 - Vegetação/uso da terra da área em estudo.

quais a adoção de medidas conservacionistas seriam exigências básicas no uso do solo. Como exemplo, nos dados de susceptibilidade à erosão, as maiores ocorrências isoladas são registradas com cambissolos em declives de 2,5-5,0%, com chuvas de 1.150 e 1.200 mm em áreas do grupo Bambuí (19,15% da área), seguidas do podzólico, em declives de 5,0-10,0%, também com maiores precipitações e no grupo Bambuí (12,45% da área).

Os dados obtidos de susceptibilidade à erosão constituem-se em valiosas informações no sentido de um plano mais adequado de manejo das áreas, destacando-se as medidas preventivas ou corretivas contra a erosão.

Na integração dos mapas básicos, até se chegar ao mapa de susceptibilidade à erosão, os dados foram mantidos na íntegra dos atributos gerados. Este procedimento objetivou não perder quaisquer informações, dispondo-se, assim, de todas as classes existentes, a partir das combinações dos mapas básicos.

### 3.3. *Risco de Erosão*

A integração do mapa de susceptibilidade à erosão com aquele de vegetação resultou no mapa prescritivo denominado risco de erosão (Figura 7). A cobertura vegetal funciona como agente de proteção do solo, em função de sua densidade, assim como do sistema de produção realizado, e conseqüente manejo do solo, para o caso de áreas cultivadas.

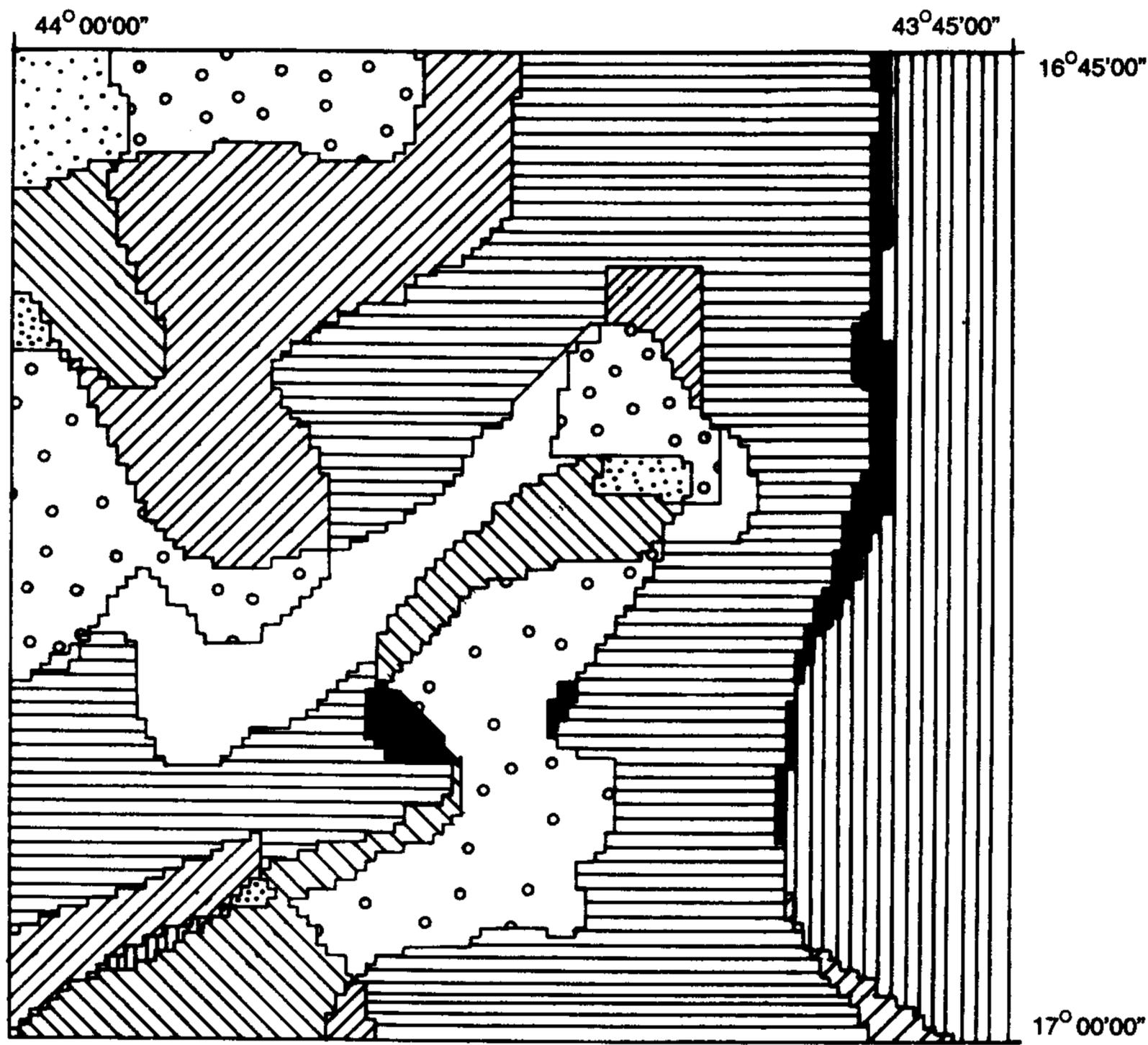
Nesta etapa final do presente trabalho, no mapa de risco de erosão, que integra dados de declividade, erodibilidade do solo, erosividade da chuva, litologia e vegetação, foram geradas 79 combinações, procedendo-se agrupamento que possibilitou o registro, em um só mapa, de oito níveis de risco de erosão (Figura 7). Para tanto, em um mesmo grupo foram reunidas categorias a partir dos atributos, menos antagônicos, do ponto de vista das considerações conservacionistas. Seguiu-se a relação provisória de susceptibilidade à erosão, tendo-se adotado os seguintes critérios:

a) reunião de DEC em dois grupos de declividade: (I) incluindo 0-2,5 e 2,5-5% e (II) incluindo acima de 5%;

b) reunião da EROD em três grupos de erodibilidade do solo: (I) Latossolo; (II) Terra Rocha Estruturada e Cambissolo; e (III) Podzólico e Litólico;

c) consideração de EROS como um só nível de erosividade, pois apesar da importância da chuva como agente erosivo, na área considerada entre 1.100 e 1.200 mm as diferenças não seriam muito grandes, havendo, inclusive, registros da ocorrência, mais comum, de 1.200 mm praticamente para toda a área estudada (20);

d) agrupamento das unidades geológicas em um só atributo, pois a



- |   |   |
|---|---|
|  Praticamente Nulo |  Moderado      |
|  Muito Baixo       |  Moderado-Alto |
|  Baixo             |  Alto          |
|  Baixo-Moderado    |  Muito Alto    |

FIGURA 7 - Risco de erosão do solo da área em estudo.

litologia quartzosa ressaltada nos dois grupos originais da área, originando um manto de decomposição pouco desenvolvido, torna-as bem próximas do ponto de vista da susceptibilidade à erosão; e

e) reunião de VEG em dois grupos de vegetação: (I) cerrado e campo e (II) pasto e pasto + culturas.

Considerando-se unificados os atributos dos mapas de erosividade e de litologia, o Quadro 2 resume a caracterização dos níveis de risco de erosão. Deve-se observar que se adotou, neste trabalho, escala de valores muito rigorosa quanto aos fatores que caracterizam os níveis de risco de erosão.

Verifica-se, como conclusão, que o local estudado apresenta extensas áreas sob significativo risco de erosão (Quadro 3), pois, segundo metodologia do presente trabalho, encontra-se em alto risco uma área de 26.314,95 ha (36,45%) e em risco moderado o equivalente a 11.628,60 ha (16,11%), além de outras condições que também merecem muita atenção,

**QUADRO 2 - Caracterização dos níveis de risco de erosão adotados para a área**

Níveis de risco à erosão	Fatores abrangidos		
	DEC (%)	EROD	VEG
Praticamente nulo	0-5,0	LAT	Ce e Ca
Muito baixo	0-5,0	LAT	Pe P + Ac
	>5,0	LAT	Ce e Ca
Baixo	0-5,0	TRE e CAMB	Ce e Ca
	> 5,0	LAT	Pe P + Ac
Baixo-moderado	0-5,0	TRE e CAMB	Pe P + Ac
	0-5,0	PODZ e LIT	Ce e Ca
Moderado	> 5,0	TRE e CAMB	Ce e Ca
Moderado-alto	0-5,0	PODZ e LIT	Pe P + Ac
Alto	> 5,0	TRE e CAMB	Pe P + Ac
	> 5,0	PODZ e LIT	Ce e Ca
Muito alto	> 5,0	PODZ e LIT	Pe P + Ac

Legenda: DEC = Declividade; EROD = Erodibilidade do solo; VEG = Vegetação; LAT = Latossolo; TRE = Terra Rocha Estruturada; CAMB = Cambissolo; PODZ = Podzólico; LIT = Litólico; CE = Cerrado; Ca = Campo; P = Pasto; P + Ac = Pasto e Culturas.

QUADRO 3 - Quantificação dos níveis de risco de erosão

Nível de risco de erosão	Frequência (nº de células)	Área (ha)	%
Praticamente nulo	224	1.466,7	2,03
Muito baixo	873	5.716,1	7,92
Baixo	1.766	11.563,1	16,02
Baixo-moderado	1.548	10.135,7	14,04
Moderado	604	3.954,7	5,48
Moderado-alto	1.776	11.628,6	16,11
Alto	4.019	26.314,9	36,45
Muito alto	215	1.407,7	1,95
TOTAL	11.025	72.187,5	100,00

no que se refere a práticas mais preventivas, ou seja, a uma exploração com base em manejo adequado do solo, como um dos componentes básicos do ambiente.

A metodologia adotada neste trabalho, como também já verificado em estudo nesta linha por LIMA *et alii* (14), indica a possibilidade de obtenção de mapas do solo, integrando informações originalmente quantitativas (declividade, erodibilidade, erosividade) e qualitativas (litologia). Sendo necessário, conforme os autores citados, o agrupamento dos valores em classes, atribuindo-lhes rótulos, como diferentes graus de limitação.

No aprofundamento deste tipo de estudo em futuros trabalhos, algumas recomendações podem ser consideradas: (a) utilizar fonte de dados com informações mais detalhadas (mapas, fotografias aéreas etc., com escalas maiores), incluindo dados atuais de uso da terra; (b) confirmar informações utilizadas por meio de checagem em campo; (c) monitoramento temporal do risco de erosão, analisando-se diferentes condições de vegetação (ex.: nativa x atual, solo coberto x solo nu), diferentes períodos de chuva (ex.: época chuvosa x estiagem, solo seco x solo úmido).

#### 4. RESUMO E CONCLUSÕES

O manejo racional do solo, no seu planejamento de uso, pressupõe razoável conhecimento sobre os riscos de erosão, cujo fenômeno se constitui no principal componente de degradação dos solos. Informações neste sentido podem ser mais precisas e rapidamente analisadas, com utilização de um sistema de Informações Geográficas. Neste estudo de

caso, examinaram-se as condições de risco de erosão de uma área entre os municípios de Montes Claros e Bocaiúva, em Minas Gerais, com o uso do sistema IDRISI, tendo-se verificado que a metodologia utilizada, reunindo dados quantitativos (declividade, erodibilidade, erosividade) e qualitativos (litologia), gerou valiosos mapas no sentido de subsidiar a prevenção à erosão.

## 5. SUMMARY

### (THE UTILIZATION OF GIS IN THE ASSESSMENT OF EROSION RISKS)

Soil management and planning for its use assume some knowledge about erosion risks, which are the main factor in soil degradation. Information to that end may be more precisely and rapidly analyzed with the utilization of a GIS. In this case study erosion risk conditions were examined for an area in the region located between Montes Claros and Bocaiúva, State of Minas Gerais, Brazil, using the IDRISI system. The methodology proved to be very useful in assessing the different levels of erosion risk and identifying the regions affected by each one of them.

## 6. LITERATURA CITADA

1. ALVES, L.M. *Sistemas de informação geográfica como instrumento para o planejamento de uso da terra, em bacias hidrográficas*. Viçosa, UFV, 1993. 112 p. (Tese DS).
2. ANTUNES, F.Z. Caracterização climática do Estado de Minas Gerais. *Informe Agropecuário*, 11 (128):9-13, 1985.
3. ASSAD, M.L.L. Sistema de informações geográficas na avaliação de aptidão agrícola de terra. In: ASSAD, E.D. & SANO, E.E. (ed.). *Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura*. Planaltina, EMBRAPA/CPAC, 1993. p. 117-199.
4. BERGSMA, E. Rainfall erosion surveys for conservation planning. *ICT Journal*, 2: 116-174, 1983.
5. CAMARA, G. Anatomia de sistemas de informações geográficas: visão atual e perspectivas de evolução. In: ASSAD, E.D. & SANO, E.E. (ed.). *Sistemas de informações geográficas: aplicações na agricultura*. Planaltina, EMBRAPA/CPAC, 1993, p. 13-37.
6. CETEC - Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. *Diagnóstico ambiental do Estado de Minas Gerais*. Belo Horizonte, 1983. 158 p. (Série Publicações Técnicas, 10).
7. EASTMAN, J.R. *IDRISI - A guid-based geographic analysis sistem*. Warcester, Clark University, 1990. 363 p.
8. EMBRAPA/SNLCS - SUDENE - DRN. *Mapa exploratório - reconhecimento de solos do norte de Minas Gerais*. 1979.
9. FORMAGGIO, A.R.; ALVES, D.S. & EPIPHANIO, J.C.N. Sistemas de informações geográficas na obtenção de mapas de aptidão agrícola e da taxa de adequação de uso das terras. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 16:249-256, 1992.

10. GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. *Zoneamento agroclimático do Estado de Minas Gerais*. Belo Horizonte, Secretaria Estadual de Agricultura, 1980. 114 p.
11. IBGE - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Mapa planialtimétrico - Folha SE-23-X-A - Montes Claros*. Brasília, Secretaria de Planejamento da Presidência da República, 1982.
12. LEPRUN, J.C. *A erosão, a conservação e o manejo do solo no Nordeste do Brasil: balanço, diagnóstico e novas linhas de pesquisa*. Recife, SUDENE, 1981. 105p. (Série Recursos do Solo, 15).
13. LEVY, M.C.T.C.; van LIER, Q.J.; SPAROVEK, AG. & LEPSCH, I.F. GMAP: um programa para gerenciamento de informações temáticas compatível com sistemas de informações geográficas. In: CONGR. BRAS. CIÊNCIA SOLO, 24, Goiânia, 1993. *Resumos*, Goiânia, SBCS, 1993. p. 371-372.
14. LIMA, E.R.V.; KUX, H.J.H. & SAUSEN, T.M. Sistemas de informações geográficas e técnicas de sensoriamento remoto na elaboração de mapa de risco de erosão no sertão da Paraíba. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 16:257-263, 1992.
15. MURAMOTO, J.; SPAROVEK, G.; LEPSCH, I.F. & TORRADO, P.V. Adequação do uso das terras de Piracicaba. In: CONGR. BRAS. CIÊNCIA SOLO, 24, Goiânia, 1993. *Resumos*, Goiânia, SBCS, 1993. p. 405-406.
16. OLIVEIRA, C.N.E. Sistemas de informação geográfica em computadores de pequeno porte: aplicações em planejamento ambiental. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 6, Manaus, 1990. *Anais*, Manaus, INPE/SELP/ISPRS/SBC, 1990. v. 3. p. 753-762.
17. RESENDE, M. & ALMEIDA, J.R. Modelos de predição de perda de solo: uma ferramenta para manejo e conservação do solo. *Inf. Agropecuário*, 11(128):38-54, 1985.
18. RHIND, D. Why SIG? In: ESRI-Environment Systems Research Institute, Inc. *Understanding GIS. The ARC/INFO Method*. Redlands, California, 1991. p. 1-29.
19. SANO, E.E.; ASSAD, E.D.; MOREIRA, L.; MACEDO, J. & STONER, E. *Utilização do SIG/INPE na caracterização ambiental dos campos experimentais do CPAC/EMBRAPA*. São Paulo, USP-Escola Politécnica, 1990. p. 273-282.
20. SECRETARIA DE AGRICULTURA - MG. *Atlas climatológico do Estado de Minas Gerais*. Belo Horizonte, s.d.
21. SECRETARIA ESTADUAL DE PLANEJAMENTO. *Anuário estatístico de Minas Gerais 88-89*. Belo Horizonte, 1990. 896 p.
22. SILVA, E.E. & OLIVEIRA, R.P. Avaliação do software Spring na obtenção do mapa de aptidão de terras na microbacia do córrego de tábuá, RJ. In: CONGR. BRAS. CIÊNCIA SOLO, 24, Goiânia, 1993. *Resumos*, Goiânia, SBCS, 1993. P. 369-370.
23. SILVA, I.F.; CHAVES, I.B. & MONTENEGRO, J.O. Erodibilidade dos solos do Estado da Paraíba. In: ENC. NAC. DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3, Recife, 1981. *Anais*, Recife, SBCS, 1981. p. 192-199.
24. VALÉRIO FILHO, M.; DONZELI, P.L. & PINTO, S.A.F. Técnicas de sensoriamento remoto e sistema de informação geográfica aplicados ao plano de manejo de microbacias hidrográficas. In: REUNIÃO BRAS. DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 9, Jaboticabal, 1992. *Roteiro de Apresentação*, Jaboticabal, SBCS, 1992 (Separata).