

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**DEGRADAÇÃO AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA
DO RIO UBERABA - MG**

Humberto Gois Candido
Licenciado em Ciências Agrícolas

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL
Julho de 2008

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**DEGRADAÇÃO AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA
DO RIO UBERABA - MG**

Humberto Gois Candido

Orientador: Prof. Dr. João Antonio Galbiatti

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Produção Vegetal).

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

Julho de 2008

Candido, Humberto Gois
C216d Degradação ambiental da bacia hidrográfica do rio Uberaba - MG
/ Humberto Gois Candido. -- Jaboticabal, 2008
x, 96 f. : il ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias, 2008

Orientador: João Antonio Galbiatti

Banca examinadora: Teresa Cristina Tarlé Pissarra, Marcilio
Vieira Martins Filho, David Luciano Rosalen, Raimundo Leite Cruz
Bibliografia

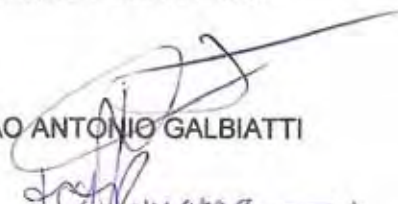
1. Indicador. 2. SIG. 3. Vulnerabilidade. I. Título. II. Jaboticabal-
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.458

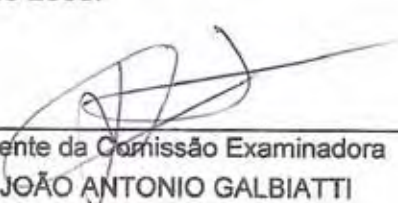
Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço
Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

e-mail: gois@cefetuberaba.edu.br

gois@mednet.com.br

unesp**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**
CÂMPUS DE JABOTICABAL
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO****TÍTULO:** DEGRADAÇÃO AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
UBERABA - MG**AUTOR:** HUMBERTO GOIS CANDIDO**ORIENTADOR:** Dr. JOÃO ANTONIO GALBIATTIAprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR em AGRONOMIA
(PRODUÇÃO VEGETAL) pela Comissão Examinadora:
Dr. JOÃO ANTONIO GALBIATTI
Dra. TERESA CRISTINA TARLÉ PISSARA
Dr. MARCILIO VIEIRA MARTINS FILHO
Dr. DAVID LUCIANO ROSALEN
Dr. RAIMUNDO LEITE CRUZ

Data da realização: 29 de julho de 2008.



Presidente da Comissão Examinadora
Dr. JOÃO ANTONIO GALBIATTI

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Humberto Gois Candido – nascido em 23 de setembro de 1959, em Major Isidoro, Alagoas, é Licenciado em Ciências Agrícolas pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, em março de 1985. Mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração Irrigação e Drenagem – Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, em fevereiro de 2000. Atualmente é professor da disciplina Geoprocessamento no CEFET/UBERABA-MG do curso de Gestão Ambiental.

Às pessoas, simples cidadãos, e estudiosos, que por prazer e respeito à natureza, trabalham por um mundo melhor.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todas as pessoas, que da sua maneira, fizeram o melhor para o engrandecimento deste trabalho:

Aos professores da UNESP-Jaboticabal: João Antonio Galbiatti, Teresa Cristina Tarlé Pissarra, Marcílio Vieira Martins Filho, David Luciano Rosalen, José Marques Júnior, Gener Tadeu Pereira e Jairo Osvaldo Cazetta.

Ao professor Raimundo Leite Cruz – UNESP - Botucatu.

A Maria Selma dos Santos – Maribondo – Alagoas.

A Ronaldo J. de Barros - Depto. de Engenharia Rural – UNESP - Jaboticabal.

A Izilda Maria de Carvalho Máximo - Departamento de Engenharia Rural - UNESP-Jaboticabal.

Aos funcionários da seção de pós-graduação da UNESP - Jaboticabal.

Aos funcionários da Biblioteca – UNESP - Jaboticabal.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Rural da UNESP - Jaboticabal.

A Rivanilda Diniz de Almeida - UFCG - Campina Grande – Paraíba.

Aos professores do CEFET/UBERABA-MG: Renato Farias do Valle Junior, Adelar José Fabian, Nilo Sergio Ferreira de Andrade, Othon Carlos da Cruz, José Luiz Rodrigues Torres, Antonio Hamilton, Olegário Pinheiro de Souza, Sueli Ciabotti, Maria Amélia Campos Souza, Vera Lúcia Abdala, Néria Maria de Assis Teodoro e Tomiko Yakabe Fantin.

Ao INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais por disponibilizar informações, especialmente a distribuição gratuita de imagens de satélite.

A UNESP - Jaboticabal por sua excelente organização, eficiência e prontidão de seus servidores no atendimento ao público, e por oferecer um ambiente salutar, convidativo ao ensino e a pesquisa.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	ix
SUMMARY.....	x
1. INTRODUÇÃO	
1.1- Considerações gerais.....	01
1.1.1- Problemática ambiental da bacia do rio Uberaba.....	04
1.2- Objetivos.....	09
1.2.1- Objetivo geral.....	09
1.2.2- Objetivos específicos.....	09
2. REVISÃO DE LITERATURA	
2.1- Caracterização da área de estudo.....	10
2.1.1- Clima regional.....	12
2.1.2- Geologia e geomorfologia.....	14
2.1.3- Solos - uso e ocupação.....	16
2.1.4- Vegetação.....	22
2.2- Sensoriamento remoto.....	24
2.2.1- Satélites para estudos ambientais.....	26
2.3- Sistema de informação geográfica (SIG).....	28
2.4- Degradação ambiental.....	30
2.4.1- Generalidades.....	30
2.4.2- Impactos sobre o ecossistema Cerrado.....	31
2.4.3- Poluição dos recursos hídricos.....	33
2.4.4- Erosão dos solos.....	34
2.4.5- Conflitos de uso das terras.....	34
2.4.6- Recuperação de áreas degradadas.....	36
2.4.7- Processos metodológicos de avaliação da degradação ambiental.....	38
3. MATERIAL E MÉTODOS	
3.1 - Material.....	49
3.1.1 - Área de estudo.....	49
3.1.2 - Produtos de sensoriamento remoto.....	50
3.1.3 - Mapas temáticos.....	50
3.1.4 - Material diverso.....	50
3.1.5 - Sistema de informação geográfica – SIG.....	50

3.2 - Métodos.....	51
3.2.1- Elaboração do mapa de uso atual do solo.....	51
3.2.1.1- Classificação supervisionada das imagens de satélite e mapeamento das classes de uso.....	52
3.2.1.2- Trabalho de campo para checagem e avaliação	53
3.2.1.3- Edição matricial e digitalização dos dados obtidos no campo para elaboração do mapa final de uso do solo.....	53
3.2.2- Avaliação da degradação ambiental.....	53
3.2.2.1- Elaboração do mapa de zonas homólogas.....	53
3.2.2.2- Determinação dos níveis de degradação ambiental.....	55
3.2.2.3- Checagem de campo para avaliação complementar da vulnerabilidade ambiental.....	56
3.2.2.4- Mapa de degradação ambiental.....	57
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	
4.1- Análise temporal do uso do solo da bacia do rio Uberaba.....	59
4.2- Zonas homólogas da bacia do rio Uberaba.....	60
4.3- Produto das análises dos indicadores.....	62
4.3.1- Distribuição dos solos nas zonas homólogas.....	62
4.3.2- Distribuição da vegetação no mosaico de imagens de satélite CBERS-2.....	63
4.3.3- Distribuição do potencial de erosão nas zonas homólogas.....	65
4.3.4- Distribuição das classes de declividades nas zonas homólogas.....	67
4.3.5- Distribuição dos indicadores mecanização, área agrícola e pecuarização nas zonas homólogas.....	69
4.3.6- Distribuição das áreas de conflito de uso nas zonas homólogas.....	70
5. CONCLUSÕES.....	79
6. REFERÊNCIAS.....	80
APÊNDICE.....	90
APÊNDICE – A: mapa de zonas homólogas da bacia do rio Uberaba.....	91
APÊNDICE – B: mapa de solos da bacia do rio Ubera.....	92
APÊNDICE – C: mapa de potencial natural de erosão – PNE.....	93
APÊNDICE – D: mapa de classes de declividades.....	94
APÊNDICE – E: mapa de conflito de uso do.....	95
APÊNDICE – F: mapa de degradação ambiental da bacia do rio Uberaba.....	96

DEGRADAÇÃO AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO UBERABA - MG

RESUMO - O presente estudo trata da avaliação da degradação ambiental da bacia do rio Uberaba, situada no Triângulo Mineiro. Esta bacia possui área de 2.419,04 km², abrange os municípios de Uberaba, Veríssimo, Conceição das Alagoas e uma pequena porção de Planura. Neste estudo foi produzido o mapa de degradação ambiental contendo quatro níveis: baixo; moderado; acentuado e severo. Os indicadores utilizados nesta avaliação foram: vegetação; topografia; solo/geologia; potencial natural de erosão; mecanização; área agrícola; densidade populacional; pecuarização e área de conflito, aos quais foram atribuídos pesos. Para o nível de degradação “baixo” foram definidos valores ≤ 13 pontos. Para o nível “moderado”, valores situados no intervalo de 14 a 16. Entre 17 a 19 pontos para o nível “acentuado”, e o nível “severo” com valores ≥ 20 pontos. Este estudo consolida as conseqüências do uso inadequado dos solos, não respeitando as suas aptidões naturais. As áreas com nível moderado representam 46,97 %. As áreas classificadas com nível acentuado 47,96 %, e severo 4,10 %; juntas, representam 52,06 %, o que revela um indício muito forte no avanço da destruição dos recursos naturais. As áreas classificadas com nível baixo representam apenas 0,97 %, com destaque para o descaso na preservação dos seus recursos naturais.

Palavras-Chave: indicador, SIG, sistema de informação geográfica, vulnerabilidade

ENVIRONMENTAL DEGRADATION OF THE RIVER BASIN UBERABA - MG

SUMMARY - The present study deals with the assessment of the environmental degradation of the river basin Uberaba, located in the Triangle Mineiro. This basin has area of 2,419.04 km², covering the municipalities of Uberaba, Veríssimo, Conceição of the Alagoas and a small portion of Planura. In this study, the map of environmental degradation was produced contend four levels: low; moderate; accented and severe. The indicators used in this evaluation had been: vegetation; topography; soil/geology; natural potential of erosion; mechanization; agricultural area; population density; cattle-raising and area of conflict, which were assigned weights. For the level of degradation "low" were defined values ≤ 13 points. To level the "moderate", values located in the range of 14 a 16. It enters 17 a 19 points for "the accented" level, and the level "severe" with values ≥ 20 points. This study consolidates the consequences of the inadequate use of land, not respecting their natural aptitudes. Areas with moderate level represent 46.97 %. The areas classified with accented level marked with 47.96 %, and severe 4.10 %; together, represent 52.06 %, which shows a very strong indication in the advance of the destruction of the natural resources. The areas classified with low level represent only 0.97 %, with emphasis on the neglect the preservation of its natural resources.

Keywords: indicator, GIS, system geographic information, vulnerability

1- INTRODUÇÃO

1.1- CONSIDERAÇÕES GERAIS

Muitos fenômenos naturais, como a erosão do solo e a inundação, são intensificados ou agravados pela ação do homem. A derrubada da vegetação, por exemplo, acelera os processos erosivos. A pavimentação das ruas das áreas urbanas, impermeabilizando o solo, e o lixo despejado nos rios são fatores que agravam o fenômeno da inundação nas grandes cidades. As queimadas, embora muitas vezes ocorram naturalmente, são uma prática comum entre os agricultores. Com o uso de imagens de satélites, é possível identificar, calcular e monitorar o aumento das áreas desmatadas, áreas atingidas pelas queimadas, áreas impermeabilizadas, áreas submetidas a processos de erosão e áreas inundadas (FLORENZANO, 2002).

Segundo ROCHA & KURTZ (2001), o estudo do ambiente restringe-se a dois tipos de áreas: áreas urbanas e áreas rurais. O homem tem por tradição deteriorar o ambiente. Indiscriminadamente, polui o ar, destrói as florestas, a fauna, as águas e os solos pelo mau uso de técnicas agrícolas e pecuárias (fogo, agrotóxicos), entre centenas de ações inadequadas ao ambiente. A deterioração física, sócio-econômica e ambiental é hoje uma realidade constante nas bacias hidrográficas do país. Como consequência a esta deterioração desvairada a natureza responde com erosões, secas, enchentes, doenças e a miséria generalizada. Para corrigir o ambiente deteriorado faz-se necessário planejar a tradicional unidade ambiental de planejamento: a bacia hidrográfica.

Nas questões que envolvem a gestão dos recursos naturais considera-se que o diagnóstico ambiental seja o primeiro passo para conhecer a realidade dos impactos antrópicos. Esse diagnóstico é a base para gerar o prognóstico ambiental e promover a

integração das análises ambientais, políticas e econômicas, que compõem um plano de gerenciamento de uma bacia hidrográfica.

Para analisar de forma prática e precisa os impactos sobre os recursos naturais é necessário utilizar ferramentas que permitam trabalhar com um grande volume de informações de forma confiável e objetiva. Tais ferramentas devem permitir o tratamento simultâneo das informações, bem como tratá-las simultaneamente o seu inter-relacionamento, assim como o monitoramento das variáveis a serem analisadas. Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são ferramentas que atendem a essas especificações, subsidiando a pesquisa na atualização e confecção de banco de dados ou na produção de mapas temáticos, reunindo num mesmo ambiente informações para a caracterização da área em estudo.

A aplicação do geoprocessamento, especialmente imagens de satélites, em estudos da degradação ambiental, é um instrumento bastante eficiente, por permitir uma maior dinâmica no processo da geração de informações, produtividade e versatilidade no manuseio dos dados, conforme observado em trabalhos sobre degradação ambiental ou desertificação desenvolvidos por BARBOSA et al. (2007), SÁ et al. (2006) e FEOLI et al. (2002).

A avaliação ambiental bem desenvolvida, conforme TAU-K-TORNISIELO et al. (1996), precisa estabelecer uma medida de comparação entre situações alternativas. Avaliar pressupõe mensurar e comparar. Por conseguinte, um dos principais produtos de uma avaliação ambiental é o cenário ambiental futuro da região sob estudo, ou seja, o seu cenário-alvo. Esse cenário é o fundamento para o desenvolvimento de um plano ambiental integrado para a região, que buscará garantir níveis compatíveis de qualidade ambiental e de funcionalidade dos fatores ambientais nela ocorrentes. Por fim, a finalidade de um processo de avaliação ambiental é o balizamento dos processos de gerenciamento e monitoramento ambientais que mereçam ser realizados, tendo como base de comparação o cenário-alvo pretendido, em todas as suas versões temporalmente atualizadas mediante o conhecimento sistemático e gradativo da realidade.

Apesar da importância dos temas relacionados com a degradação ambiental, as pesquisas ainda são muito limitadas no Brasil. Destacam-se estudos realizados no Nordeste, motivados principalmente pelas características ou condições do ambiente como é o caso da desertificação. Os trabalhos desenvolvidos em nível local são poucos, predominando aqueles de caráter geral. Na região do Triângulo Mineiro ainda existe carência de pesquisas acerca dos problemas que envolvem a recuperação e a preservação dos recursos naturais.

Em estudos realizados em parte da bacia do rio Uberaba, BOGNIOTTI et al. (1999) citado por CRUZ (2003) concluíram que 7.700 hectares apresentam risco de erosão decorrente de desmatamentos nas encostas íngremes das regiões das nascentes do rio Uberaba e afluentes, associado à retirada da mata ciliar substituída por pastagens e agricultura.

Análises realizadas por CRUZ (2003) em mapas de uso dos solos de 1964 e 1998, permitiram verificar que a paisagem mudou bastante na bacia do rio Uberaba. A vegetação nativa que cobria mais de 40 % da bacia foi substituída principalmente por pastagens. Boa parte das áreas ocupadas pelas pastagens na década de 60, entre os municípios de Veríssimo e Conceição das Alagoas, foi substituída pela agricultura. Nas regiões de nascentes, no município de Uberaba, a vegetação nativa foi substituída pela agricultura e pastagens, agravando os impactos ambientais oriundos do modelo pelos quais foram explorados os solos.

O rio Uberaba é a principal fonte de abastecimento da cidade de Uberaba, sendo que no período seco já não consegue atender a demanda. Esse fato vem se agravando a cada ano devido aos impactos ambientais que estão ocorrendo ao longo de seu curso, especialmente pelo uso indiscriminado da irrigação. Considerando a sua importância sócio-econômica para a região, objetivou-se, através desta pesquisa, avaliar os atuais níveis da degradação ambiental da bacia, contribuindo para possíveis mudanças ou reflexões, especialmente dos produtores rurais e do poder público, na maneira de exploração das terras, fomentando ações de recuperação ambiental, e de exploração sustentável através do planejamento e monitoramento.

1.1.1- Problemática ambiental da Bacia do rio Uberaba

Na bacia do rio Uberaba dois fenômenos climáticos são observados, os quais estão intimamente ligados à estação seca e chuvosa, fato comum em outras bacias da região ou de clima similar. O que chama atenção é são seus efeitos no ambiente. Na época seca, especialmente nos meses de agosto e setembro, observam-se extensas áreas de solos expostos, ou áreas com cobertura vegetal muito precária. Neste período os solos se tornam bastantes vulneráveis à erosão eólica, conforme pode ser verificado em imagens de satélite (áreas coloração marrom) (Figura 1).

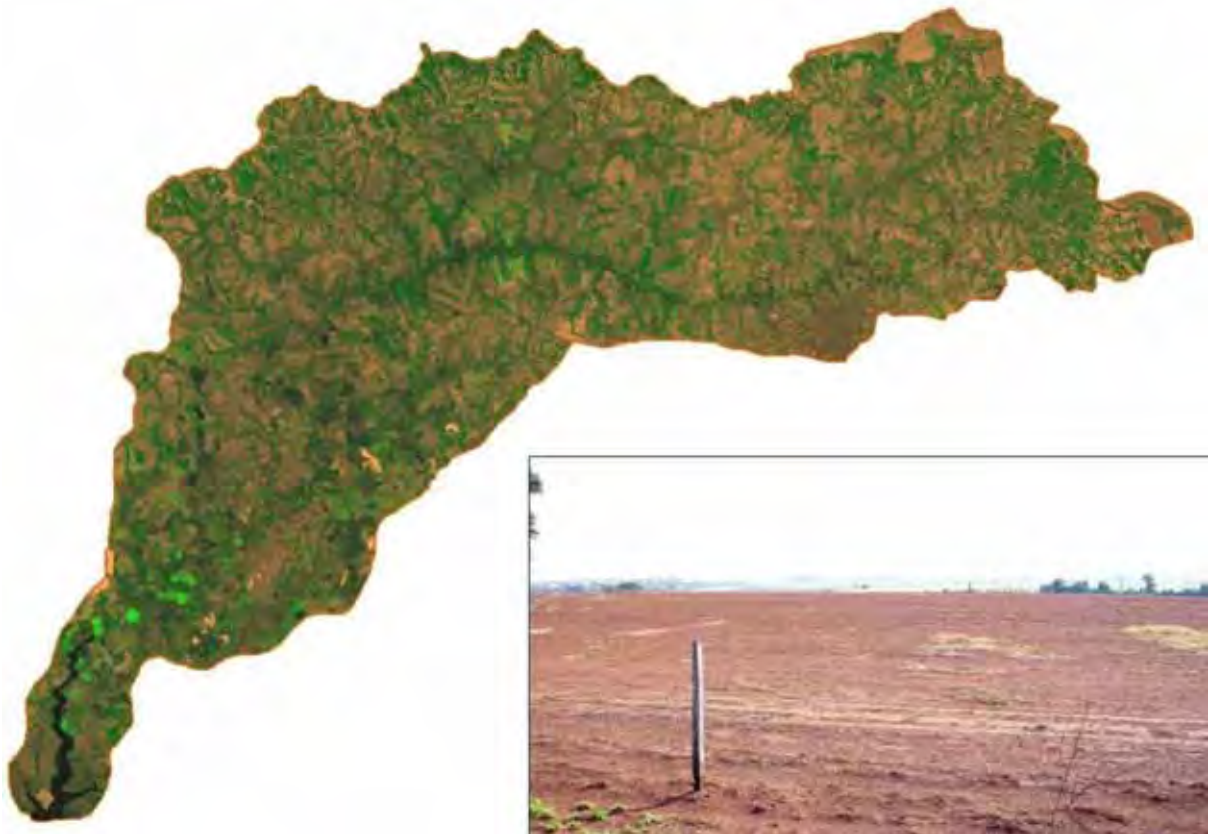


Figura 1. Mosaico CBERS-2, período seco. Em destaque, solo exposto resultado do manejo inadequado, preparo precoce, muito antes das primeiras chuvas.

O preparo precoce do solo, muito antes do período chuvoso, torna-o exposto a incidência direta da radiação solar. Esteriliza grande parte da fauna do solo e contribui

sensivelmente para a ação da erosão, especialmente a eólica. Nos meses de agosto e setembro é comum a formação de grandes nuvens de poeira (solo agrícola), sobre a região.

No período chuvoso, especialmente nos meses de janeiro e fevereiro, a área da bacia é recoberta em grande parte de sua extensão pela vegetação (plantações e vegetação nativa). Porém já se observam áreas em que não ocorre à regeneração da vegetação (Figura 2). Essa situação é bastante preocupante por revelar a exaustão do ambiente, tornando-o bastante vulnerável ao processo de desertificação¹.



Figura 2. Mosaico CBERS-2 - período chuvoso. Em detalhe, aspecto da vegetação durante o período.

¹De acordo com a Agenda 21, em seu capítulo 12, definiu a desertificação como sendo "a degradação da terra nas regiões áridas, semi-áridas e sub-úmidas secas, resultante de vários fatores, entre eles as variações climáticas e as atividades humanas" sendo que por "degradação da terra" se entende a degradação dos solos, dos recursos hídricos, da vegetação e a redução da qualidade de vida das populações afetadas.

A exploração agrícola sem adoção de práticas conservacionistas, o cultivo em áreas de nascentes ou de preservação permanente, têm levado à exaustão dos solos e a escassez dos recursos hídricos. Destaca-se nessa situação a exploração da cana-de-açúcar, que vem se estabelecendo de forma bastante intensa e agressiva não se respeitando a capacidade de suporte das terras ou áreas protegidas por lei (Figuras 3 e 4).



Figura 3. Exploração da cultura da cana-de-açúcar em área de nascente do rio Uberaba - MG.



Figura 4. Exploração da cana-de-açúcar. A forma de implantação poderá ocasionar impactos sócio-ambientais significativos.

Nas áreas de pastagens, especialmente as degradadas, na época das secas, é comum existir muitas manchas de solos expostos, desprotegidos das intempéries, especialmente da radiação solar e da ação dos ventos (Figura 5).



Figura 5. Pastagem degradada.

O descaso da população com a preservação dos recursos hídricos, chega a situações bastante agressivas como é o caso da deposição de lixo nas margens do rio Uberaba (Figura 6).



Figura 6. Presença de lixo as margens do rio Uberaba. Contaminação direta dos recursos hídricos.

A adoção de práticas conservacionistas Figura 7 como o terraceamento tem se tornado cada vez mais freqüente na região. Prática que se destaca pela sua grande eficiência no controle dos processos erosivos. Portanto, torna-se um fator de destaque no processo de conscientização em termos de preservação ambiental.



Figura 7. Presença de terraços. Avanços no controle da erosão e preservação dos recursos hídricos.

O principal efeito dos terraços consiste na interceptação do escoamento superficial, diminuindo a energia associada a este, o que reduz tanto a capacidade de desprendimento de partículas como a capacidade de transporte daquelas já desprendidas. Essas práticas devem ser utilizadas como complementares as práticas edáficas e vegetativas, que, por atuarem em fases mais iniciais do processo erosivo, são mais efetivas no controle da erosão (PRUSKI, 2006).

A presença de placas citando leis de proteção ambiental Figura 8 demonstra a preocupação da população rural com a preservação ambiental e algum conhecimento em termos de legislação.



Figura 8. Valorização das leis de proteção ambiental.

1.2- OBJETIVOS

1.2.1- Objetivo geral

Avaliar a degradação ambiental da bacia do rio Uberaba.

1.2.2- Objetivos específicos

- Elaborar um banco de dados visando a sua aplicação no monitoramento e manejo integrado da bacia.
- Elaborar o mapa de zonas homólogas da bacia do rio Uberaba.
- Elaborar o mapa de uso atual do solo da bacia do rio Uberaba,
- Elaborar o mapa de degradação ambiental da bacia do rio Uberaba contendo quatro níveis de degradação: baixo; moderado; acentuado e severo.

2- REVISÃO DE LITERATURA

2.1- CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia do rio Uberaba é destacada por sua importância em termos de recursos hídricos e aspectos econômicos ligados às atividades agrícolas e abastecimento da cidade de Uberaba, com população aproximada de 285.094 habitantes. Estimada pelo IBGE (Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) para 2006.

O município de Uberaba faz parte da grande unidade de relevo do Planalto Arenítico-Basáltico da bacia do Paraná. A topografia caracteriza-se por superfícies planas ou ligeiramente onduladas, geologicamente formada por rochas sedimentares, basicamente arenito, do período cretáceo de formação Bauru.

Os solos são variados, sendo que a maioria apresenta textura média, variando de arenoso a argiloso; são classificados de forma geral como Latossolo de diferentes graus de fertilidade, com predominância do Latossolo Vermelho distroférico e Latossolo Vermelho distrófico Típico, o que reflete no adensamento maior ou menor da vegetação natural.

Os municípios que compõem a bacia do rio Uberaba (Figura 9) têm a seguinte distribuição em termos percentuais: 49,36 % da área da bacia pertencem ao município de Uberaba; 22,59 % a Veríssimo; 26,48% a Conceição das Alagoas; 1,38 % município de Planura e apenas 0,19 % situa-se em Campo Florido (Tabela 1).

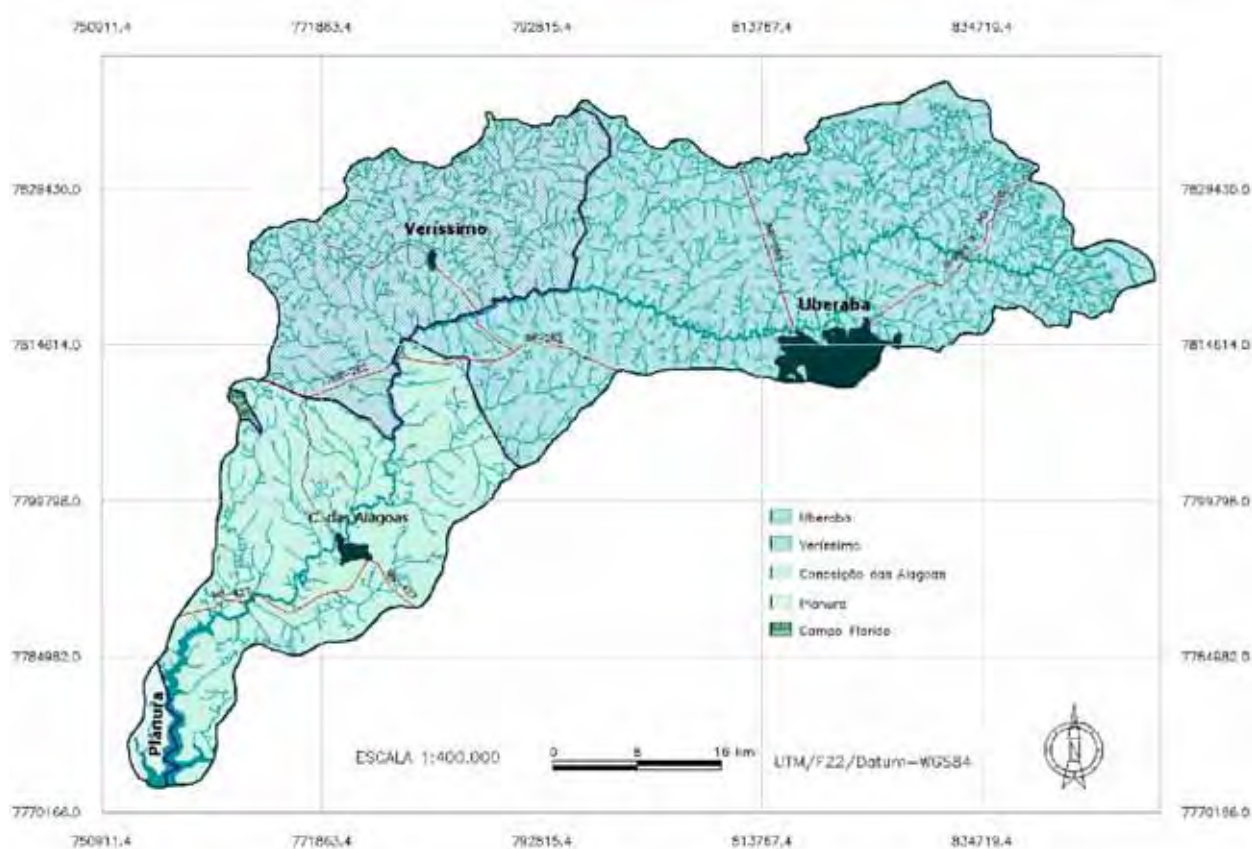


Figura 9. Divisão administrativa da bacia do rio Uberaba.

Tabela 1. Área ocupada pela bacia do rio Uberaba em relação aos municípios de abrangência.

DISTRIBUIÇÃO ADMINISTRATIVA DA BACIA DO RIO UBERABA		
Município	Área (km ²)	(%)
Uberaba	1.194,05	49,36
Veríssimo	546,50	22,59
Conceição das Alagoas	640,67	26,48
Planura	33,26	1,38
Campo Florido	4,56	0,19
Total	2.419,04	100,00

2.1.1- Clima regional

Conforme GOMES (1982) os regimes climáticos da região são dois: 1) o de inverno, que pode ser considerado frio e seco, e 2) o de verão, quente e chuvoso. O regime pluviométrico da região caracteriza-se por um período chuvoso de seis a sete meses, de outubro até março, sendo setembro e abril ou maio meses de transição, os meses de dezembro e janeiro, os mais chuvosos.

O município de Uberaba que representa aproximadamente 50 % de toda a bacia apresenta um clima tropical chuvoso, clima de monção seco, com inverno seco e verão úmido, Aw segundo Köppen. As estações são climaticamente definidas, apresentando estação fria e estação quente com características bem marcantes.

A precipitação média anual varia entre 1300 e 1700 mm, correspondendo as maiores precipitações às áreas de altitudes elevadas da serra de Sacramento. O período chuvoso corresponde ao período mais quente do ano. As Figuras 10 e 11 apresentam os dados pluviométricos do período de 1991 a 1995 e 1996 a 2000 (dez anos), obtidos na estação climatológica de Uberaba.

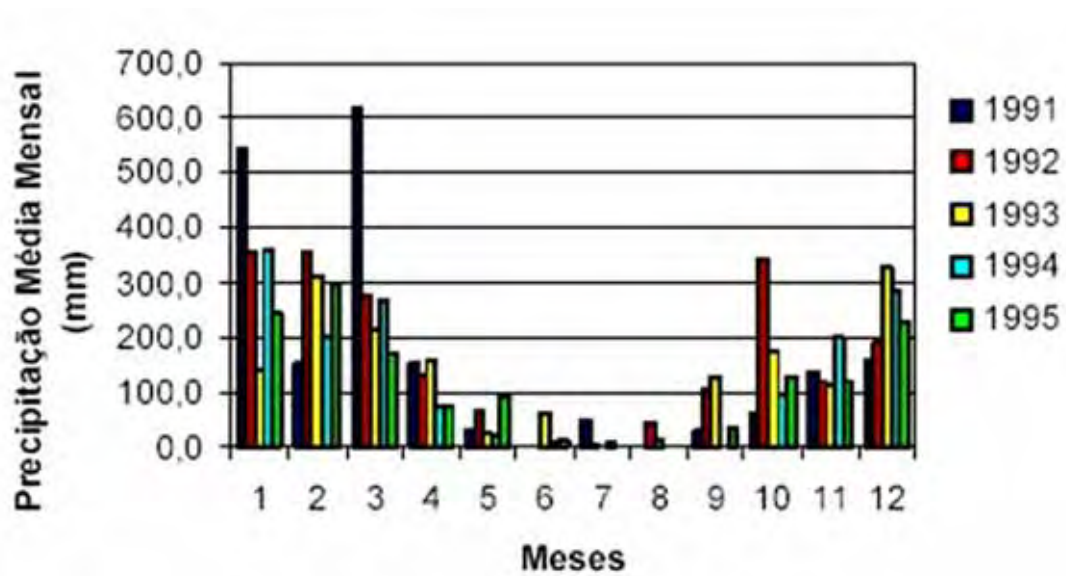


Figura 10. Precipitações médias mensais dos meses de janeiro a dezembro de 1991 a 1995 (CRUZ, 2003).

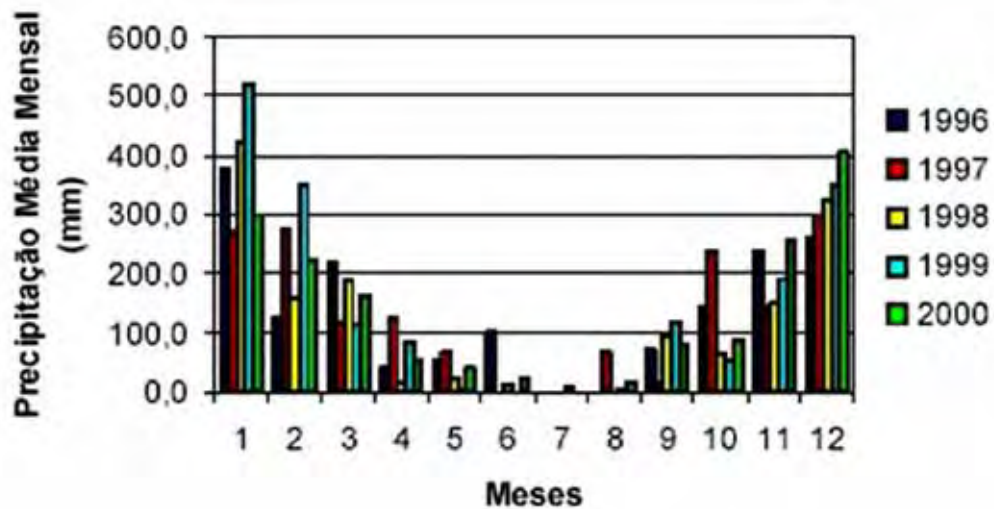


Figura 11. Precipitações médias mensais dos meses de janeiro a dezembro de 1996 a 2000 (CRUZ, 2003).

O trimestre mais chuvoso, dezembro, janeiro e fevereiro, com precipitação entre 600 e 900 mm, é responsável por cerca de 50 % da precipitação total anual. O período seco prolonga-se por quatro meses, de maio a agosto, com uma média entre 40 e 90 mm, sendo o trimestre mais seco junho, julho e agosto, com apenas 20 a 50 mm de chuva.

Na Tabela 2 são destacadas as precipitações pluviométricas mensais nos períodos de 2001 a 2006.

Tabela 2. Precipitação pluviométrica média mensal em mm do município de Uberaba (UBERABA, 2008).

Mês/ Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
2001	175,0	147,0	174,0	27,5	28,5	0,4	24,0	74,0	30,0	95,0	212,0	243,0	1.230,4
2002	309,0	354,0	126,0	9,0	65,0	0,0	12,0	1,0	97,0	105,0	255,0	290,0	1.626,0
2003	721,0	250,5	370,0	158,5	85,5	0,0	4,0	15,5	71,0	144,5	208,5	275,0	2.304,0
2004	306,5	469,0	217,5	207,5	60,5	46,0	36,0	0,0	15,0	226,5	168,6	562,5	2.315,6
2005	395,2	110,3	258,6	32,7	101,4	0,0	5,5	38,6	73,7	144,2	217,6	297,5	1.675,3
2006	317,0	359,5	363,0	87,0	35,5	4,0	0,0	35,0	74,0	307,5	201,5	354,0	2.138,0

De acordo com OLIVEIRA (2005), a evaporação no município de Uberaba é constante e alta, sendo que na estação seca triplica de valor, época em que a precipitação é baixa. Em áreas de clima tropical, como é o caso de Uberaba, com uma estação chuvosa, de outubro a maio, há condições para a reposição das águas do lençol, para que a realimentação das águas do rio ocorra na estiagem. As nascentes são os locais em que o nível hidrostático ou lençol freático atinge a superfície. Se a estiagem é prolongada, podem até secar, mas, em compensação, nas chuvas o volume de água aumenta o que demonstra que o volume está diretamente relacionado com a água da chuva (Tabela 3).

Tabela 3. Evaporação em mm do município de Uberaba (OLIVEIRA, 2005).

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAIS
1999	126,3	115,6	112,4	151,3	188,9	189,5	251,7	372,3	323,9	288,4	224,4	182,8	2.527,5
2000	124,1	118,5	123,2	188,8	200,7	246,3	254,2	338,2	222,4	320,1	173,1	145,6	2.455,2
2001	161,5	146,9	149,7	172,9	159,9	188,1	265,5	271,9	232,6	194,9	128,1	122,4	2.194,4
2002	115,0	77,9	136,7	186,1	157,5	187,9	188,9	290,9	224,4	320,3	137,9	142,7	2.166,2
2003	80,6	108,1	95,8	116,9	130,7	108,6	221,2	209,3	214,8	191,6	122,2	118,2	1.718,0
Média	121,5	113,4	123,6	163,2	167,5	197,5	236,3	296,5	243,6	263,1	157,1	142,3	2.225,7

2.1.2- Geologia e geomorfologia

As rochas sedimentares que ocorrem na região Triângulo Mineiro pertencem à grande feição geotectônica Bacia Sedimentar do Paraná. Esta se acha representada unicamente pela sua seqüência mesozóica, constituída pelos grupos São Bento e Bauru. Como parte do grupo São Bento ocorre na região as formações Botucatu e Serra Geral, enquanto que as formações Adamantina, Uberaba e Marília fazem parte do grupo Bauru. As unidades geológicas da Bacia Sedimentar do Paraná assentam-se sobre unidades pré-cambrianas dos grupos Araxá e Canastra. Estas, por sua vez, repousam sobre um embasamento cristalino, de idade arqueana, denominado Complexo Basal Goiano (BRASIL, 1983).

A área de estudo está situada na porção norte/nordeste da Bacia Sedimentar do Paraná. Apresenta quartzitos e xistos do Pré-cambriano, do Grupo Canastra, com sobreposição pelas rochas do Grupo São Bento (arenitos da Formação Botucatu e basaltos da Formação Serra Geral) e pelos arenitos e conglomerados do Grupo Bauru. Na cobertura verificam-se sedimentos coluviais e aluviais do cenozóico. As rochas que afloram na bacia do rio Uberaba são do Grupo Bauru, representada pela Formação Uberaba e sedimentos recentes (UBERABA, 2001) (FIGURA 12).

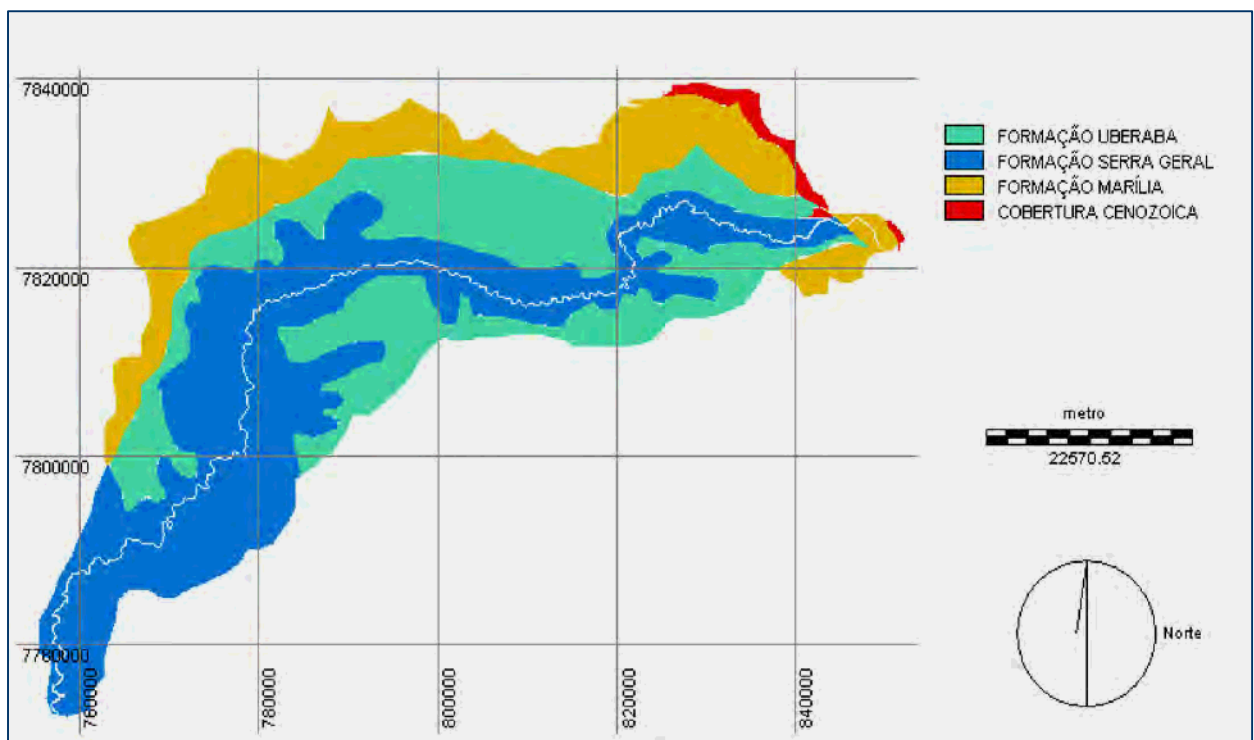


Figura 12. Mapa geológico da bacia do rio Uberaba (VALLE JUNIOR, 2008).

A quinhentos metros a norte do rio Uberaba, na rodovia BR- 050 ocorre uma seção de 12,5 m de espessura da Formação Uberaba, exposta por cerca de 600 m, que consiste de intercalações de arenitos finos, médios e grossos, com leitos subordinados de arenito conglomerático e paraconglomerado. Os arenitos são constituídos por quartzo e fragmentos líticos (argilitos e rochas vulcânicas) com quantidades variáveis

de perovskita, opacos, piroxênio, granada (melanita) e feldspatos. A matriz é argilosa e o cimento é de carbonato, ou misturas de carbonato e opacos (GRAVINA et al, 2002).

Entre Veríssimo e Ponte Alta, encontram-se arenitos da Formação Uberaba sobre os basaltos da formação Serra Geral (EMBRAPA/EPAMIG, 1982). Contudo, os seus componentes litológicos fundamentais são: arenitos conglomerados, conglomerados e arenitos, argilito, folhetos e rochas silicatadas, podendo atingir a espessura máxima da formação na ordem de 220 m. A Formação Uberaba faz contato gradacional com a Formação Marília nas proximidades de Ponte Alta (OLIVEIRA et al, 2006).

De acordo com NISHIYAMA (1998) citado por ABDALA (2005), a evolução tectônica do Oeste de Minas Gerais está correlacionada aos eventos sedimentares e magmáticos das Bacias do Paraná e Sanfranciscana ocorridos, respectivamente, a oeste e a leste de uma faixa divisória designada “Soerguimento do Alto Paranaíba”. Esta faixa divisória esteve ativa em pelo menos dois episódios no decorrer do Fanerozóico (Quadro 1).

2.1.3- Solos - uso e ocupação

De acordo com NISHIYAMA (1998) o município de Uberaba faz parte da unidade de relevo do Planalto Arenítico Basáltico da bacia do Paraná com solos apresentando características variadas. A maioria apresenta textura média, variando de arenoso a argiloso e são classificados, de forma geral, como Latossolo apresentando diferentes graus de fertilidade, com predominância do Latossolo Vermelho distroférico, textura média, Latossolo Vermelho típico e Argissolo Vermelho Amarelo (Figura 13).

Na Tabela 4 encontram-se as classes de solo da bacia do rio Uberaba e as respectivas áreas de ocupação.

Quadro 1. Coluna estratigráfica da região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba. (NISHIYAMA, 1998 citado por ABDALA, 2005).

COLUNA ESTRATIGRÁFICA DO TRIÂNGULO MINEIRO E ALTO PARANAÍBA.					
ERAS	PERÍODOS	GRUPOS	FORMAÇÕES	MEMBRO	CARACTERÍSTICAS LITOLÓGICAS
Cenozóica					Depósitos aluvionares holocênicos. Depósitos coluviais arenosos, argilosos e leques aluviais.
Mesozóica	Cretáceo	Bauru	Marília	Serra da Galga	Arenitos imaturos, conglomerados e arenitos conglomeráticos
				Ponte Alta	Arenitos e conglomerados com cimentação carbonática, lentes de calcário silicoso e conglomerado basal.
			Uberaba		Arenitos com contribuição vulcanoclástica, cor esverdeada a acinzentada.
			Adamantina		Arenitos marrom-avermelhado, cimentação carbonática e intercalações de arenitos argilosos e lentes de argilitos
	Jurássico	São Bento	Serra Geral		Basaltos maciços com níveis vesículo amigdaloidais nos topos embase dos derrames. Presença de arenito intertrapeano.
			Botucatu		Arenito eólico, coloração avermelhada, grãos bem selecionados e foscos. Baixa porcentagem de matriz fina.
Proterozóica	Médio	Canastra			Predominantemente quartzitos. Quartzitos hematíticos e icáceos, filitos e xistos (cloritaxistos).
		Araxá			Xistos (Muscovita, quartzo xisto), tendo como minerais acessórios mais comuns a arandita, cianita, estauroлита.
	Inferior (Arqueano)	Embasamento Cristalino Indiferenciado			Gnaisses, migmatitos e granitos

Tabela 4. Classe de solos e área ocupada na bacia do rio Uberaba (VALLE JUNIOR, 2008).

CLASSIFICAÇÃO EMBRAPA (1988)	CLASSIFICAÇÃO EMBRAPA (1999)	ÁREA (Km ²)	(%)
Latossolo Vermelho - Amarelo álico ou distrófico	Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (LVAd)	104,02	4,31
Latossolo Vermelho - Escuro álico e distrófico.	Latossolo Vermelho distróferrico (LVdf)	1.521,86	62,91
Latossolo Roxo distrófico e álico	Latossolo Vermelho distrófico típico (LVdt)	600,94	24,84
Podzólico Vermelho - Amarelo eutrófico e distrófico	Argissolo Vermelho Amarelo (PVAd)	174,05	7,19
Gley Húmico álico	Gleissolos Melânicos Tb distrófico (GMd)	9,95	0,41
Areia Quartzosas álicas e distróficas	Neossolos Quartzarênicos hidromórficos (RQg)	8,22	0,34
Total		2.419,04	100,00

Conforme CRUZ (2003) no decorrer de 34 anos (1964 a 1998), a paisagem sofreu grandes mudanças. Na década de 90 a vegetação nativa foi substituída, em sua maioria, pelas pastagens e no restante da área onde predominava a pastagem, há três décadas, a agricultura avançou ocupando mais espaço.

Observando os mapas de uso e ocupação dos solos nos anos de 1964 e 1998, na bacia do rio Uberaba (Figuras 14 e 15) verifica-se que a vegetação nativa foi substituída pela pastagem em 46,8 % da área, fato este que está associado à pecuária, atividade em expansão nesse período. Destaca-se, ainda, a agricultura de ciclo curto (arroz e milho) ocupando 11,3 % da área; a vegetação nativa com 41 %, e terras urbanizadas com menos de 1,0 %. As áreas ocupadas eram totalmente limpas, não restando vegetação ciliar (CRUZ, 2003).

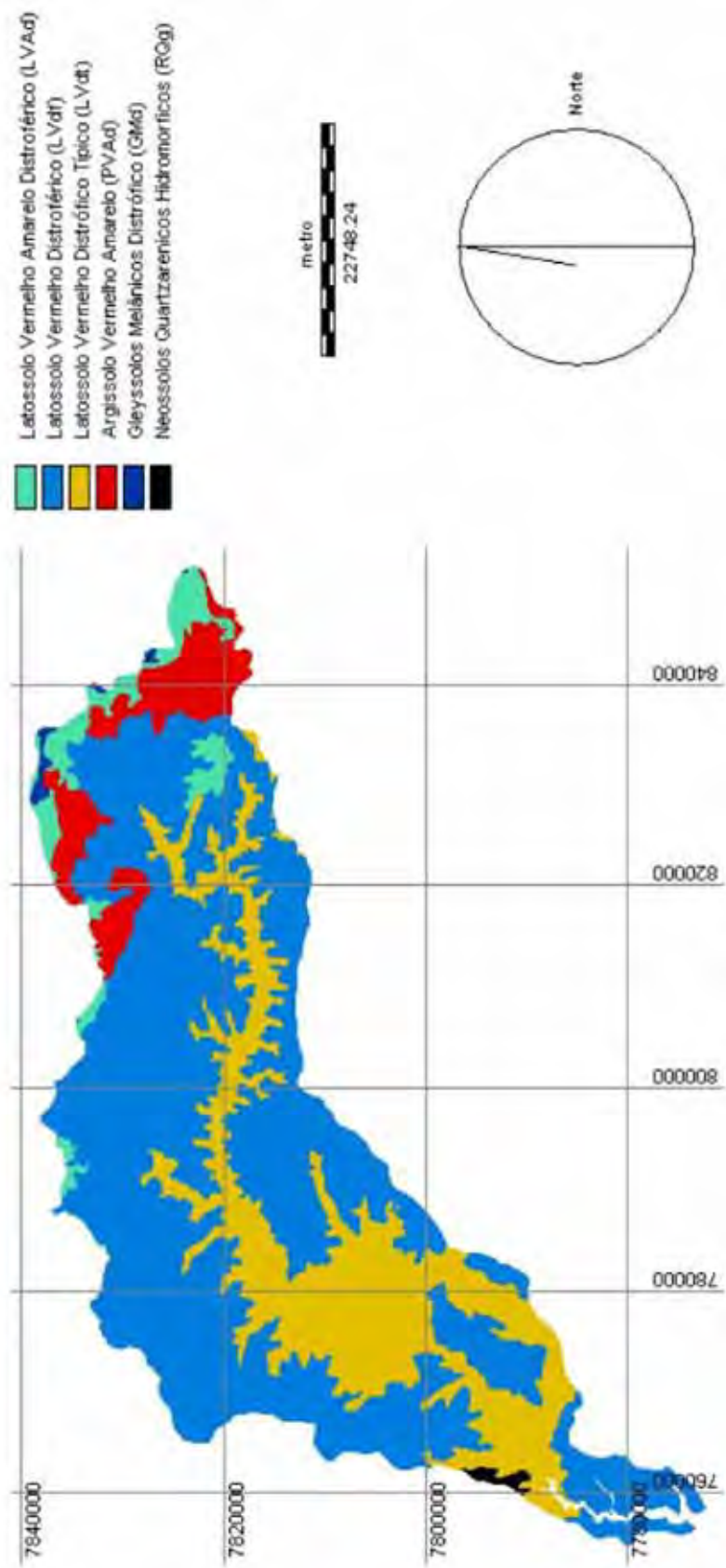


Figura 13. Mapa de solos da bacia do rio Uberaba (VALLE JUNIOR, 2008).

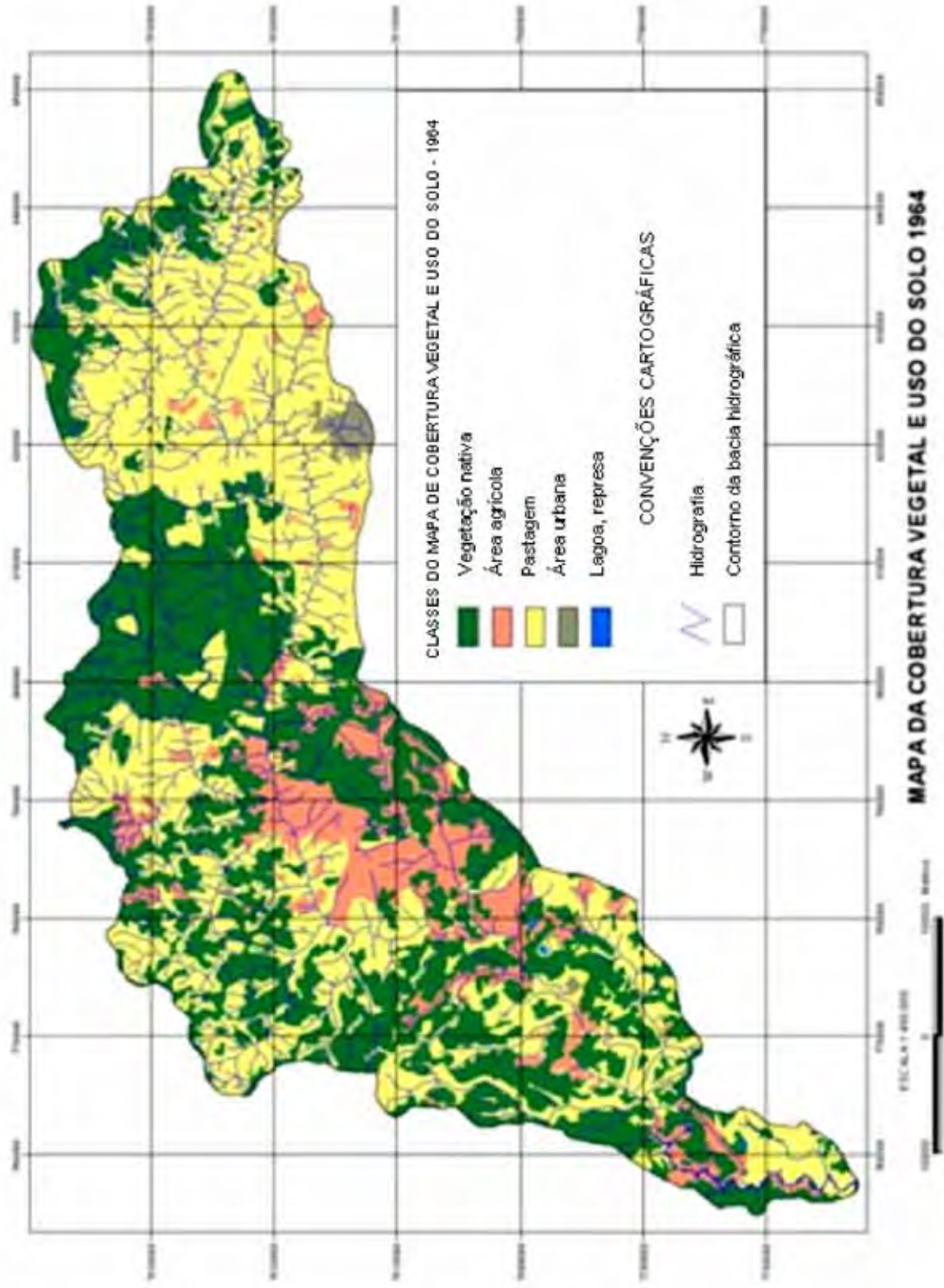


Figura 14. Uso do solo na bacia do rio Uberaba em 1964 (IBGE, 1972).

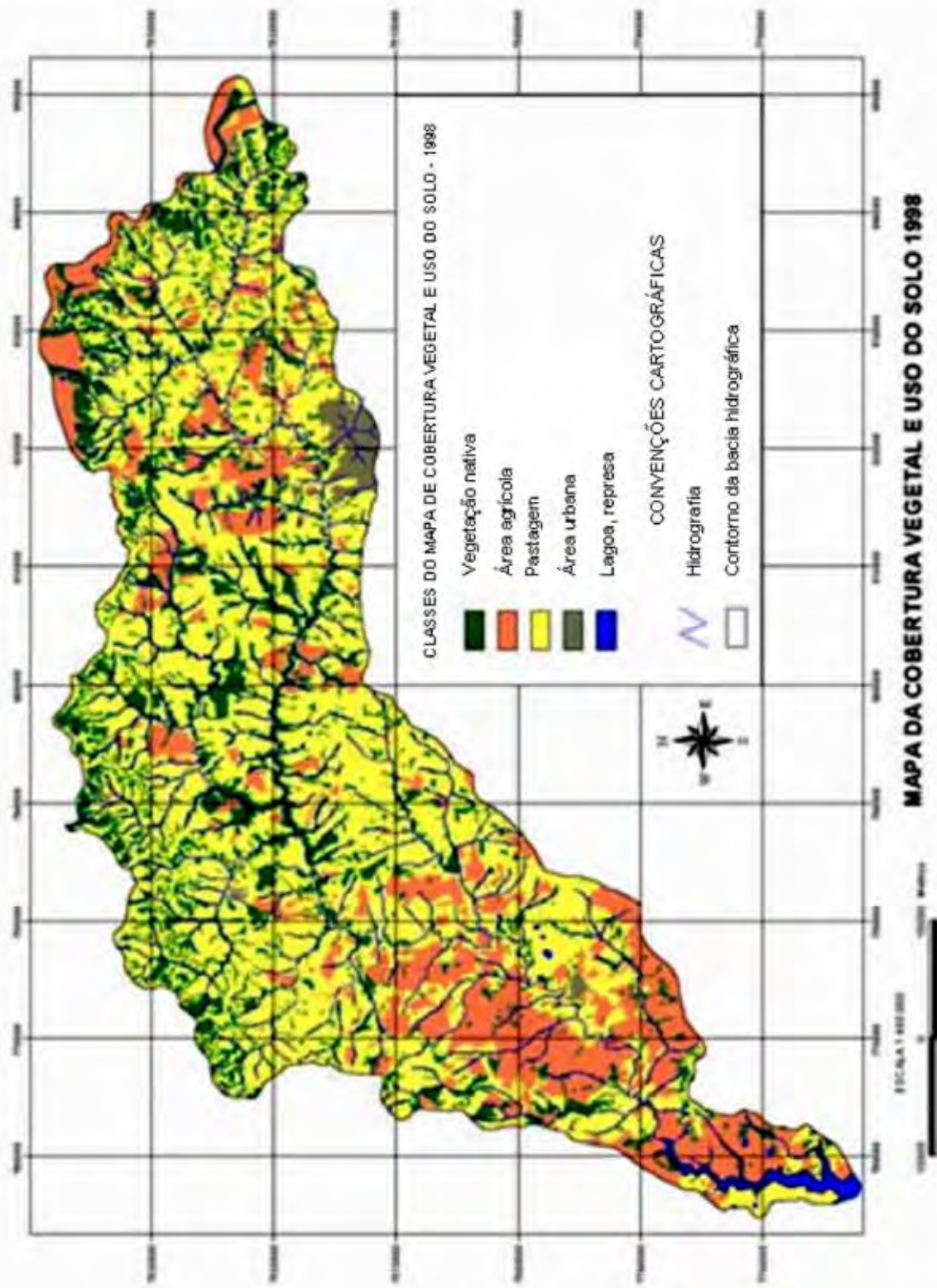


Figura 15. Uso do solo na bacia do rio Uberaba em 1998 (IEF, 1998).

2.1.4- Vegetação

De acordo com MENDES (1986) a destruição da cobertura vegetal faz com que a superfície do solo reflita mais a radiação solar, ou seja, aumente o albedo, que tende a diminuir ainda mais a precipitação, modificando assim os microclimas locais e superficiais. Além do aumento do albedo, a exposição do solo provoca a perda, por erosão, das partículas de pequeno diâmetro (argila, silte e matéria orgânica) e a oxidação da matéria orgânica, diminuindo ainda mais a capacidade de retenção de água dos solos.

O Cerrado constitui-se de uma vegetação diversificada devido ao tipo de solo e às irregularidades dos regimes das estações climáticas. A vegetação é constituída por árvores tortuosas, com cascas espessas, corticosas e o substrato herbáceo – graminoso – variando sua densidade de acordo com a cobertura vegetal (CARVALHO, 2001 citado por BARBOSA, 2006).

Na bacia hidrográfica do rio Uberaba, de acordo com o tipo de solo, faz presente as seguintes formações vegetais: cerradão, mata ciliar, matas de topos e encostas, campos hidromórficos e campo sujo. O cerradão constitui-se de solos mais férteis e profundos: a vegetação é densa, com árvores maiores, como Aroeira (*Myracrodruon urundeuva*), Embaúba (*Copaifera langsdorfii*), Peroba Rosa (*Aspidosperma polyneuron*) Ypê (*Tabebuia ocharaceae*) etc. (BARBOSA, 2006).

As formações campestres do Cerrado aparecem associadas com os solos pobres em micronutrientes, derivados das rochas do Grupo Bauru. Podem apresentar alumínio trocável em níveis tóxicos, que são corrigidos com a aplicação de calcário. Esses solos eram pouco valorizados até a introdução de tecnologia apropriada para o cultivo de grãos em larga escala, onde a condição de relevo plano possibilita um intenso uso agrícola (OLIVEIRA, 2005).

A mata de galeria do rio Uberaba, assim como toda mata de galeria do gênero, desempenha funções vitais na qualidade da água do rio, absorvendo e filtrando a água das chuvas, servindo de obstáculo as enxurradas, permitindo sua infiltração no solo

para absorção pelas plantas e para a alimentação dos aquíferos. Com isso, a mata de galeria contribui para a minimização do assoreamento do leito do rio Uberaba, para o sombreamento do leito, evitando evaporação excessiva; promove o seqüestro de nitritos e nitratos trazidos pelas enxurradas, evitando a contaminação das águas, bem como para a proteção e alimentação da fauna regional (BARBOSA, 2006).

De acordo com OLIVEIRA (2005) o Cerradão (Figura 16) é a formação vegetal que mais protege o solo dos raios solares o que diminui o ressecamento do solo. Até mesmo na estiagem observam-se as folhagens verdes, trazendo umidade e sombra debaixo das copas. Nessas áreas a infiltração da água e a reposição dos lençóis d'água é muito grande, principalmente em terrenos planos



Figura 16. Vegetação de Cerradão, ao fundo, apresentando área de recomposição (OLIVEIRA, 2005).

2.2- SENSORIAMENTO REMOTO

Segundo LILLESAND & KIEFER (1994), o sensoriamento remoto pode ser definido como a ciência e a arte de se obter informações sobre um objeto, área ou fenômeno, por meio da análise de dados adquiridos por um sistema que não está em contato com esse objeto, área ou fenômeno sob investigação.

O sensoriamento remoto é, portanto, a tecnologia que permite obter imagens e outros tipos de dados, da superfície terrestre, através da captação e do registro da energia refletida ou emitida pela superfície. O termo “sensoriamento” refere-se à obtenção dos dados, e “remoto” que significa distante, conforme ilustrado na Figura 17 (FLORENZANO, 2002).



Figura 17. Obtenção de imagens por sensoriamento remoto (FLORENZANO, 2002).

Uma imagem é o resultado do registro da energia refletida, emitida e/ou transmitida das diferentes partes do espectro eletromagnético. Pela variedade de situações possíveis, conhecimentos básicos de interpretação de imagem são essenciais para o uso efetivo dos dados disponíveis (GARCIA, 1982).

O desenvolvimento de sistemas computacionais para aplicações gráficas e de imagens vem influenciando de maneira crescente as áreas de mapeamento, análise de recursos naturais, planejamento urbano e regional. Esta tecnologia automatiza tarefas realizadas manualmente e facilita a realização de análises complexas, através da integração de dados de diversas fontes e da criação de um banco de dados geocodificado. Os sistemas para tal fim são denominados de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) (ASSAD & SANO, 1998).

Num país de dimensão continental como o Brasil, onde existe uma grande carência de informações adequadas para a tomada de decisões sobre problemas urbanos e ambientais, tais sistemas apresentam um enorme potencial, principalmente se forem baseados em tecnologias de custo relativamente baixo e se todo o conhecimento for adquirido localmente (ASSAD & SANO, 1998).

A erosão da superfície terrestre é um fenômeno natural que consiste na desagregação ou decomposição das rochas, no transporte do material desagregado e na deposição desse material nas partes mais baixas do relevo. Os agentes naturais da erosão são: a água (superficial e subsuperficial), ondas, correntes e marés, o vento, as geleiras e a ação da gravidade. O tipo e a intensidade da erosão variam de acordo com a resistência das rochas, as propriedades dos solos (profundidade, textura, etc.), as características do relevo (principalmente altura, ou comprimento, e inclinação das encostas), a intensidade e distribuição espacial das chuvas e a densidade de cobertura vegetal. Além desses fatores, o uso do solo pelo homem exerce uma influência direta no processo de erosão. À medida que a cobertura vegetal é retirada e substituída por pastagens, culturas e outros usos aumentam a intensidade dos processos de erosão, que podem ser estudados e monitorados com uso de imagens de sensores remotos (FLORENZANO, 2002).

Um exemplo de degradação ambiental visível nas imagens de satélites decorre da atividade de extração mineral de areia em rios, como pode ser observado no rio Paraíba do Sul, nos Municípios de Jacareí, Taubaté e Caçapava. No município de São José dos Campos, embora essa atividade esteja proibida

pela legislação, é possível detectar áreas de exploração, particularmente nos seus limites com Caçapava. Estas lagoas são originadas das cavas abertas para a extração de areia e a coloração azul claro da água Figura 18 representa os sedimentos (areia fina) em suspensão nas lagoas (FLORENZANO, 2002).

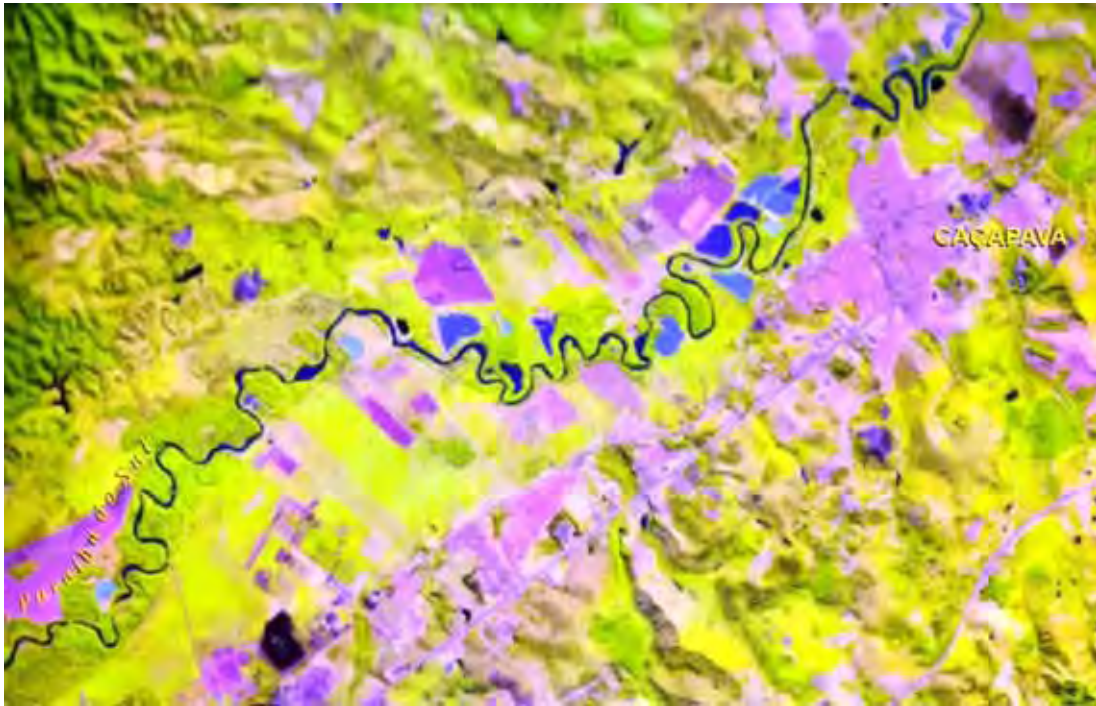


Figura 18. Lagoas formadas, nas margens do rio, em decorrência da atividade de extração de areia (áreas em azul mais claro) devido à presença de sedimentos (FLORENZANO, 2002).

2.2.1- Satélites para estudos ambientais

Os satélites para estudos ambientais fazem parte do grupo de satélites de sensoriamento remoto e monitoramento do meio ambiente, dos quais os mais utilizados no Brasil são: LANDSAT, SPOT, TIROS - N (NOAA) e o SMS/GOES. Os satélites da série LANDSAT e SPOT são destinados ao monitoramento e levantamento dos recursos naturais do solo e subsolo, enquanto que os satélites TIROS - N e SMS/GOES fazem parte dos satélites meteorológicos, destinados aos estudos climatológicos e atmosféricos (ROSA, 1992).

O NOAA (programa de satélites gerenciado pela National Oceanic and Atmospheric Administration), através do National Environmental Satellite Data and Information Service - NESDIS, e pela National Aeronautics and Space Administration - NASA), que é responsável pelo desenvolvimento e lançamento dos aparelhos; carrega a bordo o sensor AVHRR, constituído de um radiômetro multiespectral acoplado a um sistema de varredura transversal à trajetória do satélite, que fornece imagens em vários canais no visível e no infravermelho com resolução espacial no nadir de 1,1 km (pixel = 1 km x 1 km). O NOAA orbita a Terra a uma altitude de 844 km. As imagens obtidas por esse sistema sensor são muito empregadas para o monitoramento de grandes áreas vegetadas, por meio da transformação de seus dados em imagens-índice de vegetação. As imagens de satélites da Figura 19 ilustram bem o comportamento da vegetação na região da bacia do rio Uberaba, e como se pode utilizar esse satélite para fazer o monitoramento da cobertura vegetal (MOREIRA, 2005).

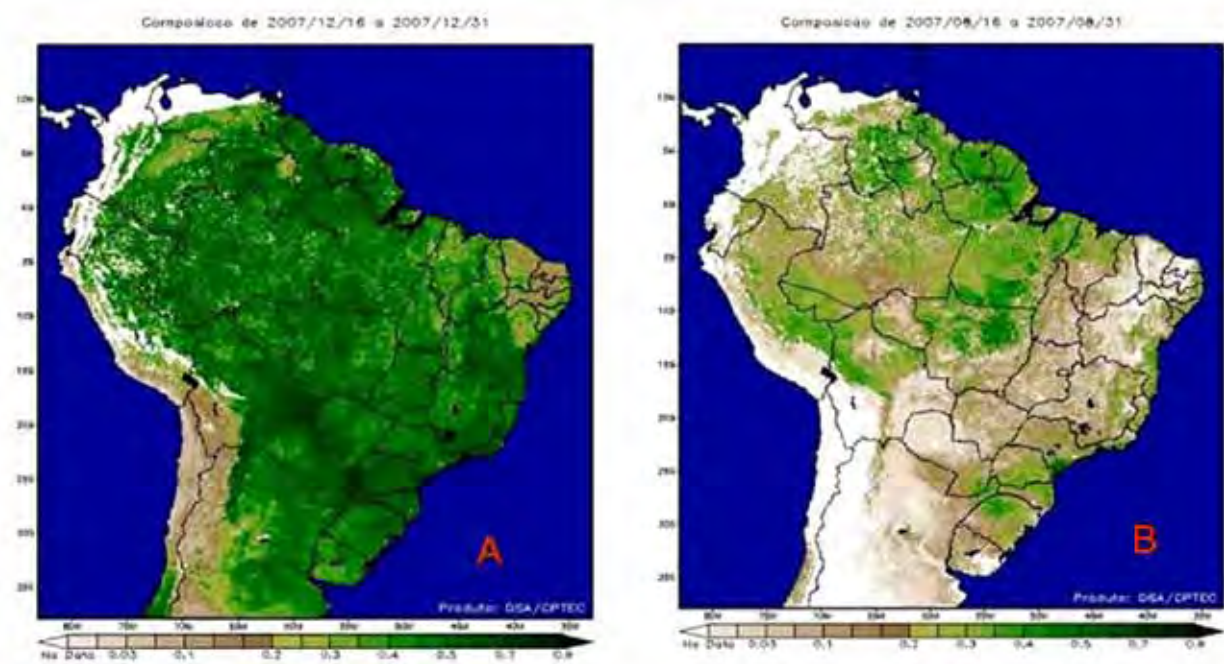


Figura 19. Mapas de índice de vegetação (NDVI), obtidos a partir de dados do satélite NOAA-18, mostrando o efeito da seca sobre a vegetação. A: período chuvoso e B: período seco, relativos à área de estudo (INPE, 2008).

2.3- SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG)

O processamento eletrônico de dados ambientais em Sistemas Geográficos de Informação pode traduzir, em termos operacionais, muitos conceitos sócio-econômicos altamente relevantes. Estes sistemas são capazes de expressar eficientemente, através de medidas diretas ou de estimativas indiretas, conceitos de expressão territorial tais como: "unidades potenciais de uso da terra", "zonas de influência", "áreas críticas", "centros dinâmicos de poder", entre outros. Tais sistemas podem, em consequência, prestar serviços valiosos para o planejamento geo-econômico, para a proteção ambiental e, em nível mais alto, para a análise geopolítica (SILVA, 2001).

Além das metodologias convencionais, as ciências que apresentam caráter espacial contam, atualmente com um importante instrumento tecnológico: os sistemas de informações geográficas - SIG. Estes sistemas são constituídos de uma série de programas e processos de análises, cuja característica principal é focalizar o relacionamento de determinado fenômeno da realidade com sua localização espacial, (TEIXEIRA et al., 1992).

Os SIGs baseiam-se na coleta, armazenamento, recuperação, análise e tratamento de dados espaciais, não espaciais e temporais, auxiliando as tomadas de decisões e dando suporte às atividades de gerenciamento, manutenção, operação, análise e planejamento (RODRIGUES, 1990; TEIXEIRA et al., 1992).

Outra característica implícita neste tipo de sistema é o seu potencial relativo à padronização e junção de dados provenientes das mais variadas fontes, o que se faz necessário na análise multidisciplinar e sistêmica dos impactos ambientais (SINAY & LIMA JUNIOR, 1997).

Como demonstra a caracterização apresentada pelos autores acima, o SIG tornou-se uma importante ferramenta de pesquisa com aplicações em diversas áreas de conhecimento, podendo ser utilizado desde uma simples divisão territorial até grandes projetos de gerenciamento de banco de dados. Complementando esta idéia, SINAY & LIMA JUNIOR (1997) afirmam que os SIGs são, essencialmente, projetados para a manipulação de dados espaciais, que é o componente central destes sistemas.

Todo e qualquer dado considerado como espacial pode ser mapeável, isto é, toda informação espacial deve estar ligada a um objeto específico em um mapa e a localização do objeto neste mapa deve ser referenciada geograficamente.

SANTOS (2000) considera o SIG um instrumento capaz de resolver os problemas encontrados no gerenciamento de um sistema de informações, advindos principalmente do crescimento econômico, da dinâmica social e do desenvolvimento de novas formas de manejo ambiental. Toda esta capacidade gerencial faz do SIG uma ferramenta cada vez mais utilizada nas mais variadas áreas.

De acordo com SILVA (1999) os mapas digitais são representações binárias, ou seja, capazes de serem utilizadas por computadores. À medida que os mapas analógicos são convertidos em mapas digitais, ou em formato matricial, a noção da resolução espacial ou do tamanho do pixel de acordo com a escala em uso deve ser definida. Como a informação gráfica contida em um mapa é geralmente impressa com larguras de 0,15 mm a 0,80 mm, respectivamente, sugere-se que a resolução espacial relacionada com a escala seja definida de acordo com a largura mínima e máxima. Exemplo: para uma escala de 1:10.000, a faixa de resolução espacial mínima e máxima corresponderia a 1,5 m ($10.000 \times 0,15$) e 8 m ($10.000 \times 0,80$), respectivamente (Tabela 5).

Tabela 5. Escalas de mapa versus faixa de resolução espacial (SILVA, 1999).

ESCALA DO MAPA	FAIXA DE RESOLUÇÃO ESPACIAL (m)	RESOLUÇÃO ESPACIAL IDEAL (m)
1:5.000	0,80 a 3,00	1,30
1:10.000	1,50 a 6,00	2,50
1:20.000	3,00 a 12,00	4,20
1:30.000	4,00 a 18,00	7,30
1:50.000	7,50 a 30,00	12,70
1:75.000	11,00 a 45,00	17,30
1:100.000	15,00 a 80,00	25,40

2.4- DEGRADAÇÃO AMBIENTAL

2.4.1- Generalidades

Degradação ambiental é um termo de conotação negativa. Seu uso na moderna literatura científica é quase sempre ligado a mudanças artificiais ou perturbações provocadas pelo homem. É geralmente uma redução percebida das condições naturais ou do estado de um ambiente. O agente causador de degradação ambiental é sempre o ser humano: "processos naturais não degradam ambientes, apenas causam mudanças". (JOHNSON et al., 1997, citado por SÁNCHEZ, 2006). Portanto, a degradação ambiental pode ser conceituada como qualquer alteração adversa dos processos, funções ou componentes ambientais, ou como uma alteração adversa da qualidade ambiental. Em outras palavras, degradação ambiental corresponde a impacto ambiental negativo.

Assim como a poluição se manifesta a partir de um certo patamar, também a degradação pode ser percebida em diferentes graus. O grau de perturbação pode ser tal que um ambiente se recupere espontaneamente; mas, a partir de certo nível de degradação, a recuperação espontânea pode ser impossível ou somente se a prazo muito longo, desde que a fonte de perturbação seja retirada ou reduzida. Na maioria das vezes, uma ação corretiva é necessária. A Figura 20 mostra de maneira esquemática conceito de degradação ambiental e os objetivos das ações de recuperação ambiental. Se o ambiente pode ser degradado de diversas maneiras, a expressão "área degradada" sintetiza os resultados da degradação do solo, da vegetação e muitas vezes das águas (SÁNCHEZ, 2006).

Num recente estudo do IBGE sobre a questão ambiental dos municípios podemos verificar que a situação de Uberaba apresenta índices altos de desmatamento, afetando as condições de vida. Considerando que a real situação da bacia do rio Uberaba seja grave, os problemas advindos do desmatamento devem ser vistos como muito preocupantes, pois além de envolverem erosão, assoreamento, dificuldade de infiltração, ocorrerá também à falta d'água (OLIVEIRA, 2005).

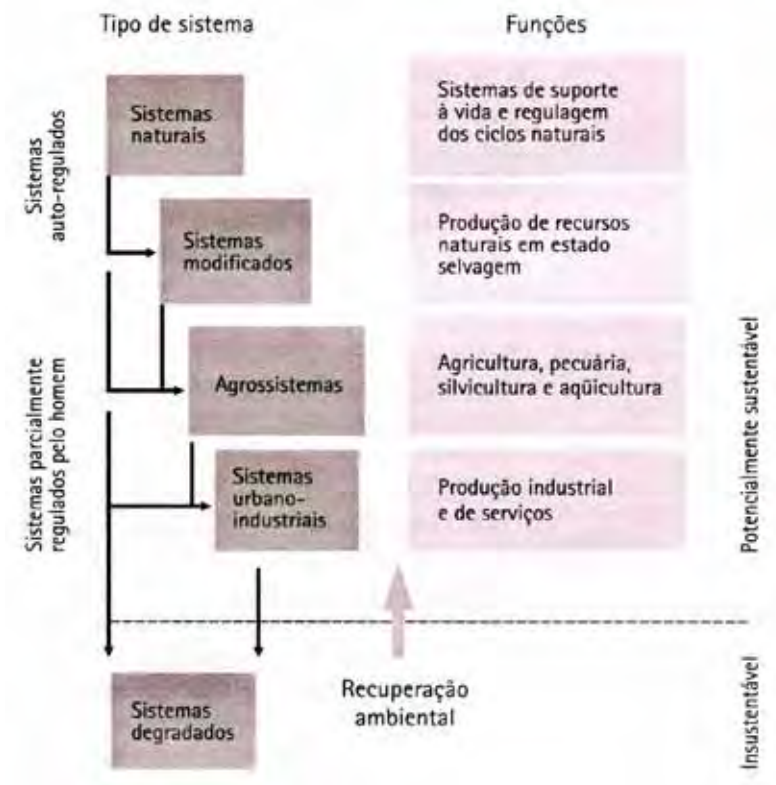
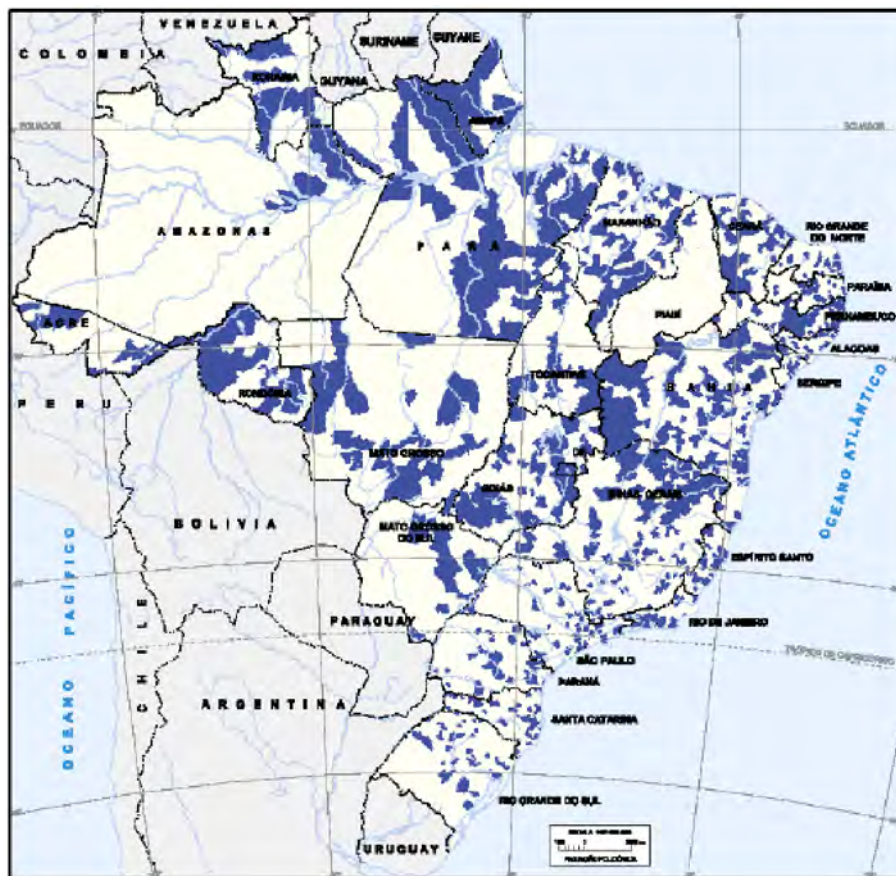


Figura 20. Conceitos de degradação e recuperação ambiental e sua relação com a sustentabilidade (SÁNCHEZ, 2006).

Na Figura 21 destacam-se os municípios brasileiros que indicaram o desmatamento afetando as condições de vida.

2.4.2- Impactos sobre o ecossistema Cerrado

- **Grandes projetos agropecuários:** - desmatamento de áreas nativas e grandes queimadas; drenagens - erosão, alteração da vazão dos cursos d'água, assoreamento; monocultura extensiva - desequilíbrio ecológico; uso de grandes quantidades de agrotóxicos - poluição das águas; uso de mecanização intensiva - compactação dos solos.



■ Desmatamento afetando as condições de vida.

Figura 21. Desmatamento prejudicial às condições de vida (IBGE, 2005).

- **Expansão urbana desordenada:** - destruição de nascentes de cursos d'água; destruição da paisagem; poluição por falta de saneamento básico; destruição da rede de drenagem; abertura de cascalheiras; áreas de extração de areia, estradas, cortes de morros, aterros e drenagens, voçorocas; desmatamento para obtenção de lenha e escoras para construção e fornos; aumento da poluição das águas com esgoto e do solo com lixo; expansão do tráfego de veículos e conseqüente poluição atmosférica e sonora; intensificação da descaracterização da paisagem e biota nativas pela expansão de áreas ocupadas com plantas e animais exóticos, (EMBRAPA, 1996).

2.4.3- Poluição dos recursos hídricos

Segundo as leis brasileiras, poluição hídrica é definida como qualquer alteração prejudicial às características da água, sendo geralmente interpretada como uma alteração que reduz os usos potenciais da água para o homem e as espécies aquáticas (SCHWARZBOLD et al., 1994). O nível de poluição hídrica no mundo tem crescido em função de vários fatores. O principal fator está relacionado com o aumento populacional.

Considerando a industrialização acelerada e conseqüente crescimento das cidades, os corpos d'água passaram a ser sobrecarregados com os usos e a intensificação dos mesmos. Os rios que eram usados para lazer ou para a pesca tiveram suas águas poluídas por dejetos domésticos ou industriais, desviadas para irrigação ou barragens para gerar energia. Com a utilização intensiva do solo, com os desmatamentos e intervenções no leito dos rios é possível observar significantes alterações de regime hidrológico.

Segundo BARTHOLLO (1994) a urbanização e a industrialização não são as únicas causas da diminuição e da poluição da água. O manejo inadequado do solo para a agricultura e pecuária, os usos intensificados de fertilizantes e pesticidas, o desflorestamento e, conseqüentemente, a erosão, as enchentes e a diminuição das reservas de água no subsolo são problemas relacionados à conservação da água.

Na visão de MOREIRA (2001) o crescente comprometimento das águas fluviais pela poluição proveniente dos esgotos sanitários e atividades industriais, bem como pelo fenômeno da desertificação, vem diminuindo consideravelmente a disponibilidade deste recurso para o consumo humano. As águas subterrâneas também têm sido cada vez mais contaminadas em decorrência das atividades da agricultura e da disposição inadequada de resíduos sobre o solo. A renovação de um lençol freático pela natureza ocorre num prazo de 1400 anos. E ainda, a destruição de florestas provoca uma série de efeitos encadeados, tais como a erosão do solo, o comprometimento dos rios, da flora e da fauna, alterações climáticas, entre outros.

2.4.4- Erosão dos solos

De acordo com OSAKI (1994) a erosão já atingiu todos os países uns drasticamente e outros de forma menos acelerada. Prova disto, é o que tem acontecido com o Canadá; EUA (Texas, Nebraska, Dakota, Missouri, Iowa, Minesota); terras do deserto de Gobi, que são levadas pelo vento até a China (Pequim); terras da África (Saara), que são transportadas até os países do Sul da Europa. Entre 1.934 e 1.935, ventos que sopraram nas terras de Oklahoma ergueram as terras agrícolas a grandes alturas escurecendo Nova York por semanas. Isto ocorreu em consequência do preparo do solo (arações e gradeações excessivas) feito para o cultivo do trigo.

Segundo PRUSKI (2006), quanto mais protegida pela cobertura vegetal estiver à superfície do solo contra a ação da chuva, menor será nele a propensão de ocorrência de erosão. Além de aumentar a quantidade de água interceptada, a vegetação amortece a energia de impacto das gotas de chuva, reduzindo a destruição dos agregados, a obstrução dos poros e o selamento superficial do solo. A cobertura vegetal na superfície reduz a velocidade do escoamento superficial, pelo aumento da rugosidade hidráulica do seu percurso. A sua retirada e a consequente incidência direta da radiação solar sobre a superfície do solo, podem ser responsáveis pela destruição da matéria orgânica e dos microrganismos em uma camada de aproximadamente cinco centímetros.

2.4.5- Conflitos de uso das terras

De acordo com ROCHA & RURTZ (2001) os conflitos de uso das terras são os maiores responsáveis pelas erosões, assoreamentos de rios, barragens, açudes, enchentes e efeitos das secas. Os conflitos são consequências do uso incorreto dos solos, não respeitando a aptidão agrícola ou a capacidade de uso das terras, como por exemplo, o cultivo agrícola em terras de classes de capacidade de uso V, VI, VII e VIII; a pecuária desenvolvida em áreas de classe de uso VII e VIII, ou o cultivo agrícola em

terras apropriadas, porém com declividade média acima de 10%, sem adoção de práticas de conservação do solo (Figura 22).

As classes de uso das terras constituem agrupamentos que apresentam o mesmo grau de limitação, ou seja, terras com limitações de uso e/ou riscos de degradação do solo em grau semelhante. Estas formam três grupos de capacidade de uso (A, B e C), estabelecidos com base na maior ou menor intensidade de uso das terras, conforme são descritos a seguir:

Grupo A: terras passíveis de utilização com culturas anuais, perenes, pastagens e/ou reflorestamento e vida silvestre (comporta as classes I, II, III e IV).

Grupo B: terras impróprias para cultivos intensivos, mas ainda adaptadas para pastagens e/ou reflorestamento e/ou vida silvestre (Compreende as classes V, VI e VII).

Grupo C: terras não adequadas para cultivos anuais, perenes, pastagens ou reflorestamento, porém apropriadas para proteção da flora e fauna silvestre, recreação ou armazenamento de água (comporta a classe VIII) (LEPSCH et al., 1991).



Figura 22. Cultivo da cana-de-açúcar comprometendo a estabilidade do manancial (VALLE JUNIOR, 2008).

2.4.6- Recuperação de áreas degradadas

De acordo com SÁNCHEZ (2006) a recuperação ambiental é um termo geral que designa a “aplicação de técnicas de manejo visando tornar um ambiente degradado apto para um novo produtivo, desde que sustentável”. Dentre as variantes da recuperação ambiental, a restauração é entendida com o retorno de uma área degradada às condições existentes antes de degradação, com o mesmo sentido que se fala da restauração de bens culturais, como edifícios históricos. Em certas situações, as ações de recuperação podem levar um ambiente degradado a uma condição ambiental melhor do que a situação inicial (mas somente, é claro, quando a condição inicial for a de um ambiente alterado). Um exemplo é uma área de pastagem com erosão intensa que passa a ser usada para exploração mineral e em seguida é repovoada com vegetação nativa para fins de conservação ambiental.

Podemos observar na Figura 23 diferentes entendimentos ou variações do conceito de recuperação de áreas degradadas. No eixo vertical, representa-se de maneira qualitativa o grau de perturbação do meio, enquanto o eixo horizontal mostra uma escala temporal. A partir de uma dada condição inicial (não necessariamente a condição "original" de um ecossistema, mas a situação inicial para fins de estudo da degradação), a área analisada passa a um estado de degradação, cuja recuperação requer, na maioria das vezes, uma intervenção planejada.

De acordo com (IBAMA, 1990) áreas degradadas são comumente revegetadas no Brasil e por isso recuperação e reabilitação são termos considerados afins no País. Quando se opta pela revegetação, como no caso de uma área de mineração, deve-se reconhecer que a recuperação não é um evento que ocorre em uma época determinada, mas é um processo que se inicia com o planejamento, antes da mineração, e termina muito após a exploração da lavra, com a manutenção do plantio (BARTH, 1989 citado por CORRÊA, 2005). Ao término da manutenção do plantio, a área deve-se encontrar em um processo autônomo de sucessão ecológica, quando a intervenção humana não se faz necessária.

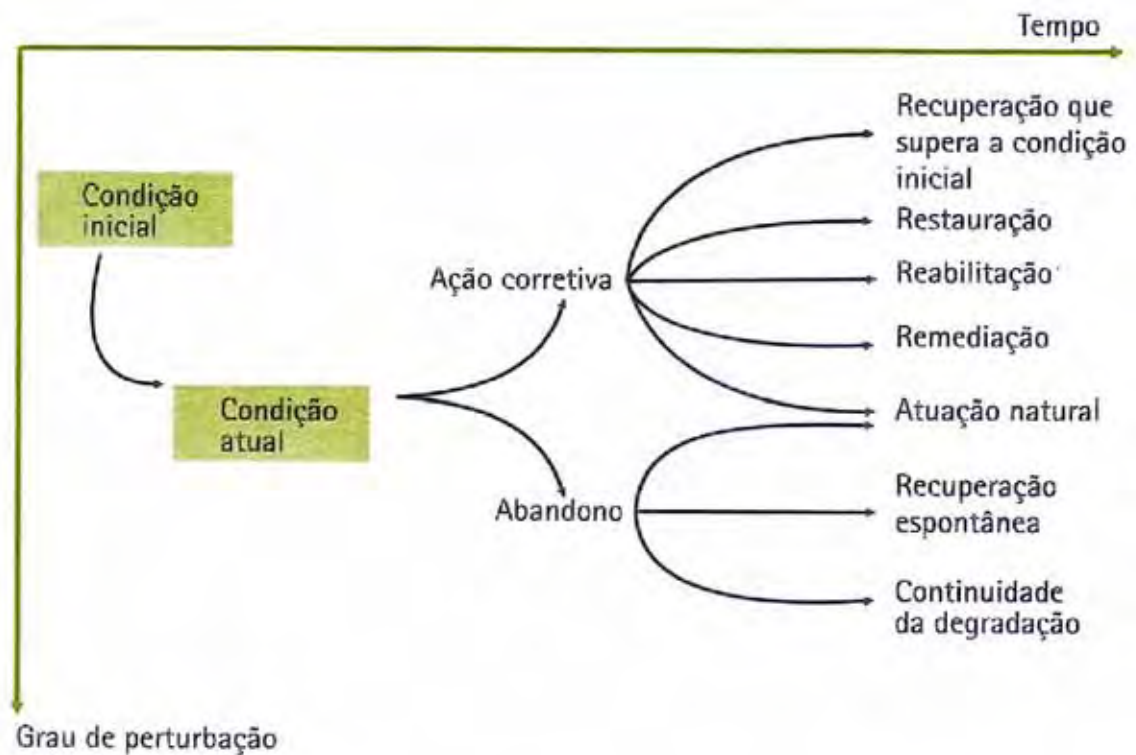


Figura 23. Diagrama esquemático dos objetivos de recuperação de áreas degradadas (SÁNCHEZ, 2006).

Na prática, o termo recuperação prevê atividades que permitem o desenvolvimento de vegetação, nativa ou exótica, na lavra explorada ou a reutilização do local que foi degradado para diversos outros fins. O IBAMA define recuperação como o retorno de áreas degradadas a uma forma de utilização tecnicamente compatível, em conformidade com os valores ambientais, culturais e sociais locais (IBAMA, 1990). Dessa forma, o termo recuperação encontra base conceitual e técnica para que se adotem diversas medidas no tratamento de áreas degradadas. O fato é que áreas degradadas são ambientes criados pelo homem e a ecologia que rege seus processos, inclusive os de recuperação, ainda é pouco conhecida (CORRÊA, 2005).

2.4.7- Processos metodológicos de avaliação da degradação ambiental

Segundo MATALLO JUNIOR (2001) não há consenso sobre qual matriz de indicadores que deve ser adotada como metodologia nos estudos da desertificação na América Latina e Caribe. Algumas metodologias nunca foram aplicadas e/ou devidamente testadas. Assim, os esforços existentes são importantes do ponto de vista do acúmulo de experiências e conhecimentos a serem consolidados. Ademais, cada país da região enfrenta uma situação bastante específica, seja em termos de conhecimentos e estatísticas disponíveis sejam em termos de massa crítica existente, o que poderá determinar mudanças e adaptações aos métodos de diagnóstico ou avaliação.

BAUMGRATZ & BOAVENTURA (1986) em estudos sobre desertificação realizados nas bacias dos rios Abaeté, Borrachudo e Indaiá, localizadas no centro-oeste do Estado de Minas Gerais, definiram três níveis para classificar a intensidade da desertificação: 1 a 7, baixa intensidade; 8 a 14, média; 15 a 21, alta. Estes valores (pesos) foram definidos em função dos indicadores:

1. Degradação da cobertura vegetal
2. Rarefação da fauna alada
3. Rarefação da fauna terrestre
4. Rarefação da fauna aquática
5. Poluição do ar
6. Degradação dos recursos hídricos
7. Degradação dos solos

Os indicadores podem atingir, no máximo, 21 pontos por área analisada (Tabela 6).

Tabela 6. Modelo para avaliação de intensidade da desertificação em áreas não urbanizadas (BAUMGRATZ & BOAVENTURA, 1986).

INDICADORES DIRETOS	GRAU DE MANIFESTAÇÃO			VALORES INDIVIDUAIS
	3	2	1	
Degradação da cobertura vegetal	x			3
Rarefação da fauna alada			x	1
Rarefação da fauna terrestre			x	1
Rarefação da fauna aquática			x	1
Poluição do ar	-	-	-	-
Degradação dos recursos hídricos		x		2
Degradação dos solos	x			3
TOTAL	6	2	3	11

De acordo com os dados encontrados na Tabela 6 (11 pontos), a intensidade de desertificação foi classificada como média.

A EMBRAPA (1994) realizou um estudo na área mais seca do semi-árido (índice pluviométrico inferior a 500 mm e predominância de caatinga hiperxerófila) destacando os aspectos físicos como solo, relevo e sensibilidade à erosão, considerando o tempo de ocupação em função dos usos com o objetivo de avaliar o quadro de degradação ambiental. A classificação foi dividida em quatro níveis de degradação ambiental: baixo, moderado, acentuado e severo, conforme Tabela 7.

O mapa de diagnóstico sobre a desertificação no Nordeste (Figura 24) elaborado no âmbito do Plano Nacional de Combate à Desertificação (PNCD) em 1997, foi dividido em quatro classes de degradação: moderada, grave, muito grave e núcleos de desertificação. Segundo PERNAMBUCO (1999) esse diagnóstico foi elaborado a partir de dados secundários (em escala municipal) gerados a partir de estudos produzidos pelo Instituto Desert, CPATSA (Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido) e IBGE.

Tabela 7. Níveis de degradação ambiental de acordo com o tipo de solo e o impacto do manejo sobre os mesmos (EMBRAPA, 1994).

ESCALA DE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL E ÁREAS ATINGIDAS NA REGIÃO NORDESTE							
Níveis de degradação ambiental	Tipos e associações de solos	Relevo	Sensibilidade à erosão (%)	Tempo de ocupação	Área mais seca do TSA ¹ (%)	Trópico semi-árido (%)	Nordeste (%)
Severo	Bruno não cálcicos	Suave ondulado e ondulado	Forte	Longo (Algodão)	38,42	12,80	7,15
Acentuado	Litólicos	Ondulado, forte ondulado e montanhoso	Muito Forte	Recente (Culturas de subsistência)	10,23	3,40	1,90
Moderado	Podzólicos Eutróficos Terras roxas estruturadas Cambissolos	Ondulado e forte ondulado	Moderado	Longo (Culturas comerciais)	10,21	3,40	1,89
Baixo	Planossolos	Plano e suave ondulado	Moderado	Médio (Pastagem e Culturas de Subsistência)	7,07	2,35	1,89
Total				20.364.900	65,93	21,95	12,25

FERREIRA et al. (1994), realizaram estudos sobre a desertificação no Nordeste baseado em 19 indicadores:

- | | |
|--------------------------|---------------------------------------|
| 1. Densidade demográfica | 10. Erosão |
| 2. Sistema fundiário | 11. Perda de fertilidade |
| 3. Mineração | 12. Área de preservação |
| 4. Qualidade da água | 13. Defensivos agrícolas |
| 5. Salinização | 14. Área agrícola |
| 6. Tempo de ocupação | 15. Bovinocultura |
| 7. Mecanização | 16. Caprinocultura |
| 8. Estagnação econômica | 17. Ovinocultura |
| 9. Pecuariação | 18. Evolução demográfica |
| | 19. Susceptibilidade à desertificação |

¹ TSA – Trópico Semi-Árido

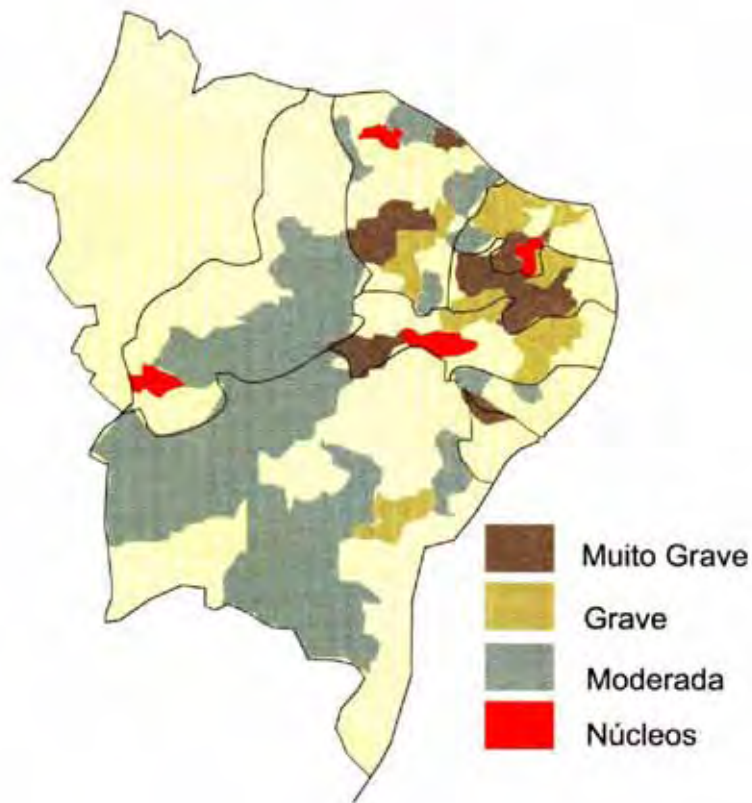


Figura 24. Mapa de ocorrência de desertificação no Nordeste (BRASIL, 1997).

Para os indicadores foi construída uma matriz com registro da presença ou ausência destes, tendo como base informações dos censos demográficos, do zoneamento agroecológico do Nordeste, e de relatórios da SUDENE (Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste).

As áreas (que em todos os casos são microrregiões homogêneas) com presença em pelo menos 15 dos 19 indicadores foram consideradas como sendo muito graves. Áreas com presença de 11 a 14 indicadores foram consideradas graves e, finalmente, as áreas com a presença de 6 a 10 indicadores foram consideradas moderadas. Na Tabela 8 é destacada parte da matriz de indicadores.

Tabela 8. Matriz de indicadores (0 = ausência; 1 = presença) (FERREIRA et al., 1994).

Microrregião	INDICADORES																		
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
45	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
46	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1
47	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0

Em estudos realizados por CANDIDO et al. (2002) sobre a degradação ambiental no Seridó Paraibano utilizaram-se oito indicadores:

- | | |
|------------------|---------------------------|
| 1. Vegetação | 1. mecanização |
| 2. Topografia | 2. Área agrícola |
| 3. Solo/geologia | 3. densidade populacional |
| 4. ecologia | 4. pecuarização |

Na análise dos indicadores foram obtidos os índices de degradação ambiental: “baixo” 2,25 %; “moderado” 50,65 %; 44,86 % da área apresentaram o índice de degradação “grave”, observando-se ainda a existência de pequenas áreas com índice “muito grave” de degradação 2,24 %. Provavelmente eram áreas onde estavam formando os chamados “núcleos de desertificação” (Figura 25).

FERNANDES et al. (2005) por meio de análise estatística multivariada, determinou índices de degradação ambiental (ID), para o Estado de Minas Gerais. A construção dos IDs levou em consideração a indicadores:

1. biológicos
2. econômicos
3. demográficos

No total foram quatro indicadores utilizados: um biológico; dois econômicos e um demográfico. O biológico foi associado à cobertura vegetal. Os dois indicadores econômicos foram definidos pela produtividade das lavouras e dos animais. O indicador demográfico relacionou-se à capacidade das áreas com lavouras (perenes e

temporárias), e pastagens (naturais e plantadas); suportarem maior contingente de trabalhadores nas atividades agropecuárias.

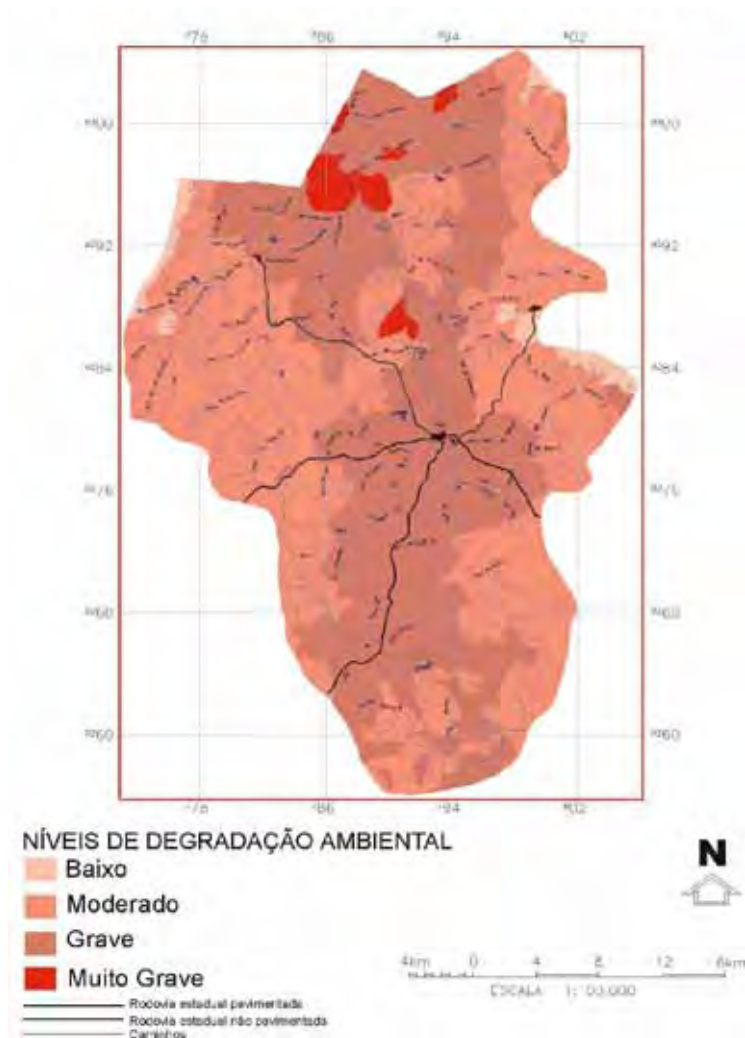


Figura 25. Mapa de degradação ambiental de parte do Seridó Paraibano (CANDIDO et al., 2002).

Pelos resultados encontrados verifica-se que Minas Gerais possui um índice de degradação (ID) médio de 86 %, destacando-se que mais de 40 % de seus municípios obtiveram valores do ID iguais a 1; os demais apresentaram acima de 0,70; significando 70 % do território degradado. As exceções ocorreram nos municípios de Senador Amaral e Bom Repouso, que obtiveram IDs mínimos de 0,04 e 0,10, respectivamente.

Observando o mapa de “estratificação do índice de degradação ambiental”, apresentado no estudo realizado por FERNADES et al. (2005) a região do Triângulo Mineiro (área da bacia do rio Uberaba) apresenta um ID variando entre 87,51 % a 100 % (Figura 26).

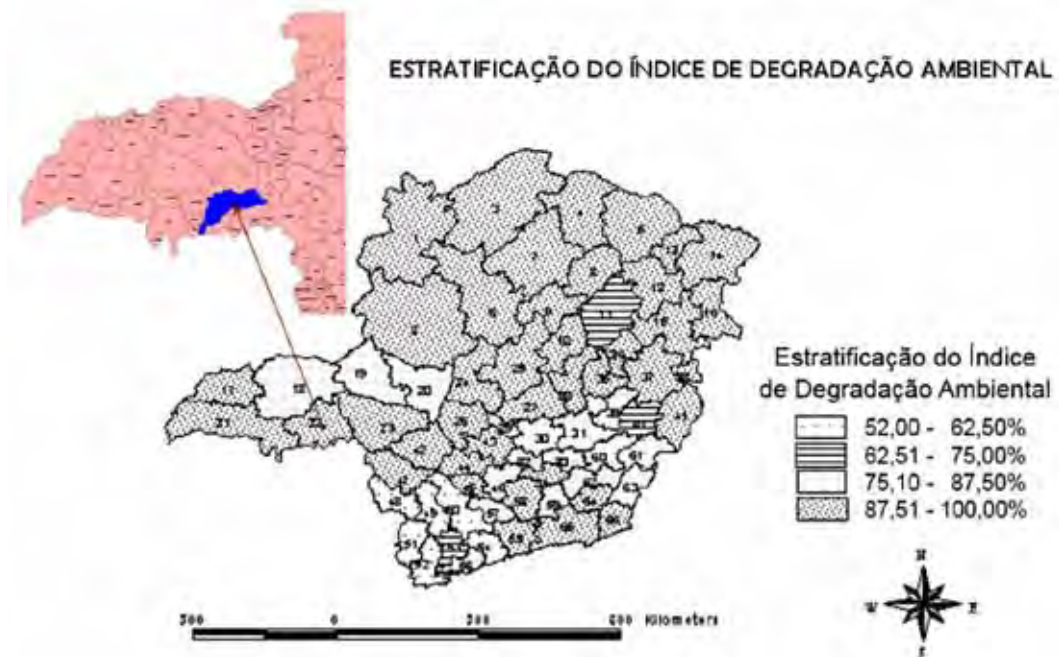


Figura 26. Estratificação do índice de degradação ambiental em Minas Gerais (FERNADES et al., 2005).

KAZMIERCZAK & SEABRA (2007) determinaram índice de susceptibilidade de degradação ambiental (ISDA) em áreas do cerrado paulista através de cinco indicadores:

1. Uso do solo
2. Índice de Vegetação Diferença Normalizada (NDVI)
3. Precipitação
4. Pressão exercida pela pecuária
5. Erodibilidade

Na análise dos indicadores é destacado: “uso do solo” - é um fator relevante no controle da erosão do solo; “Índice de Vegetação Diferença Normalizada (NDVI)” - áreas com maior concentração de biomassa tendem a oferecer maior proteção ao solo, atenuando o impacto da chuva e do vento; “precipitação” - um dos elementos-chave na distribuição da vegetação, a precipitação pode apresentar uma alta variabilidade tanto espacial quanto temporal; “pressão exercida pela pecuária” - a compactação dos solos resultante da pecuária é refletida na menor disponibilidade de água, que por sua vez influencia a atividade da biota do solo, a dinâmica do ciclo de nitrogênio, o vigor vascular da planta, a sua reprodução e a taxa de decomposição da matéria orgânica do solo; “erodibilidade” - analisando-se o tipo de solo e a declividade pode-se ter uma noção da fragilidade do ambiente em relação ao seu potencial de erosão.

Para cada indicador foram geradas as estatísticas básicas (média, variância, etc.). A amplitude foi dividida em cinco classes, gerando o intervalo de classe de cada indicador. Tem-se assim, classes que correspondem a valores identificados como “muito baixo”, “baixo”, “médio”, “alto” e “muito alto”. Esta legenda foi aplicada para os indicadores precipitação, erodibilidade, uso do solo, NDVI e pressão exercida pela Pecuária (Tabela 9). Para cada indicador as notas aplicadas estão relacionadas a cada célula que se sobrepõe a cada classe. Na atribuição das notas (de 1 a 5), para cada indicador, classes que protegem o solo, assumem valores menores de susceptibilidade, enquanto classes em que esta proteção é menor assumem valores cada vez maiores. A única exceção é para pastagem, que pode receber “0” (zero) caso não haja esta classe na célula em questão.

A aplicação dos indicadores, segundo VASCONCELOS SOBRINHO (1978) é o modelo fundamental dos estudos de desertificação. Essa prática tem o objetivo de alcançar o conhecimento mais exato e mais rápido do processo e permite avaliar a vulnerabilidade à desertificação; prever o começo da desertificação antes que ela se inicie; vigiar o processo nas regiões que sofrem a desertificação e nas áreas que se considera que haja risco deste fenômeno; avaliar os efeitos dos processos de desertificação e dos programas para combatê-los.

Tabela 9. Resultados gerados pelo ISDA e simulação de mudança de cenário (KAZMIERCZAK & SEABRA, 2007).

Classe do ISDA	Cor no mapa	ISDA		SIMULAÇÃO	
		Área (ha)	%	Área (ha)	%
Muito baixa	Azul-escuro	11.751,00	23,12	19.216,00	37,81
Baixa	Azul-claro	18.560,00	36,52	11.661,00	22,94
Média	Verde-claro	10.888,00	21,42	10.348,00	20,36
Alta	Laranja	6.634,00	13,05	6.646,00	13,08
Muito alta	Vermelho	2.992,00	5,89	2.954,00	5,81
Total		50.825,00	100,00	50.825,00	100,00

No levantamento e análise dos indicadores anteriormente citados, é necessário disponibilidade de tempo, mão de obra especializada e recursos. A maioria dos indicadores encerra em si uma pesquisa à parte, por causa da ausência de dados básicos a eles inerentes, o que conseqüentemente demanda maior tempo, técnicos especializados e expressivos recursos (SERGIPE, 1981).

Segundo VASCONCELOS SOBRINHO (1978) grande pioneiro nos estudos da desertificação, os indicadores físicos, biológico-agrícolas e sociais da desertificação são:

I - Indicadores físicos:

- a) Grau de salinização e alcalinização do solo;
- b) Profundidade das águas subterrâneas e a qualidade da água;
- c) Profundidade efetiva do solo acima das camadas que inibem o crescimento das raízes;
- d) Número de tormentas de pó e de areia;
- e) Presença de crostas no solo;
- f) Quantidade de matéria orgânica no solo;
- g) Volume dos sedimentos nas correntes de água;

h) Área coberta de vegetação e turbidez das águas superficiais.

II - Indicadores biológico-agrícolas:

1- Vegetação:

- a) Cobertura vegetal;
- b) Biomassa acima da superfície;
- c) Espécies chaves: distribuição e freqüência.

2- Animais:

- a) Espécies chaves (incluindo invertebrados);
- b) População de animais domésticos;
- c) Composição dos rebanhos;
- d) Produção.

3- Rendimento (colheita)

III - Indicadores sociais:

1- Uso da terra:

- a) Agricultura por irrigação;
- b) Agricultura de sequeiro;
- c) Pastoreio;
- d) Corte e eliminação da cobertura vegetal para combustível e construções (prática extrativa);
- e) Mineração;
- f) Instalações de turismo e de recreio.

2-Tipo de assentamento, especialmente nas populações rurais:

- a) Assentamento recente;
- b) Expansão de assentamento;
- c) Diversificação do assentamento;

d) Abandono do assentamento.

3- Parâmetros biológicos humanos:

a) Estrutura da população e taxas demográficas;

b) Medições da situação em matéria de nutrição;

c) Índice de saúde pública.

4- Parâmetros de processo social:

a) Conflito;

b) Migração;

c) Esquema de redistribuição;

d) Marginalização;

e) Circulação de dinheiro relativamente à subsistência.

3- MATERIAL E MÉTODOS

3.1- MATERIAL

3.1.1- Área de estudo

Situada na região do Triângulo Mineiro, a bacia do rio Uberaba é delimitada pelos paralelos $19^{\circ} 30' 37''$ e $20^{\circ} 07' 40''$ de latitude sul e longitude de $47^{\circ} 39' 02''$ e $48^{\circ} 34' 34''$ a oeste de Greenwich. Com extensão de $2.419,04 \text{ km}^2$ e perímetro de $308,04 \text{ km}$, compreende os municípios de Uberaba, Veríssimo, Conceição das Alagoas, Planura e uma pequena porção de Campo Florido (Figura 27).

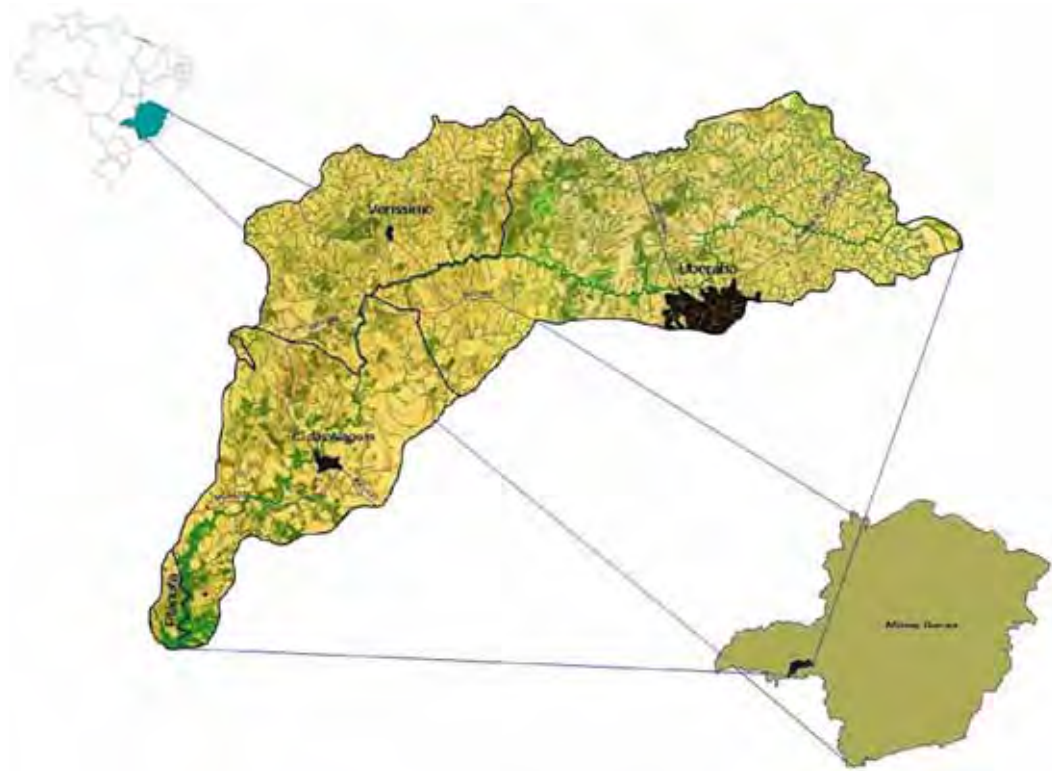


Figura 27. Localização da área de estudo.

3.1.2- Produtos de Sensoriamento Remoto

Os materiais utilizados foram imagens multiespectrais do satélite CBERS-2 (Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres), sensor CCD, órbita/ponto 156/122 e 157/122, bandas 2, 3 e 4; com resolução espacial de 20 m, obtidas nas datas: 10/03/2007 para as cenas 156/122; e 02/04/2007 para as cenas 157/122 (época chuvosa); 08/09/2007 para as cenas 156/122; e 05/09/2007 para as cenas 157/122 (época seca) (CBERS-2 CCD, 2007).

3.1.3- Mapas temáticos

Mapas referentes à área de estudo, em formato digital, utilizados na avaliação da degradação ambiental, produzidos por VALLE JUNIOR (2008):

- Mapa do potencial natural de erosão – PNE;
- Mapa de classes de declividade;
- Mapa de solos;
- Mapa de conflito de uso das terras.

Mapas referentes à área de estudo, utilizados na avaliação da degradação ambiental, produzidos durante a pesquisa:

- Mapa de zonas homólogas;
- Mapa de uso atual do solo.

3.1.4- Material diverso

- Receptor GPS de navegação Garmin, modelo 12 XL;
- Máquina fotográfica digital.

3.1.5- Sistema de informação geográfica – SIG

- SPRING - 5.0 beta.

Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas, desenvolvido pelo INPE (Instituto Nacional de pesquisas Espaciais), com a participação da EMBRAPA/CNPTIA (Centro Nacional de Pesquisa Tecnológica em Informática para Agricultura); IBM Brasil (Centro Latino-Americano de Soluções para Ensino Superior e Pesquisa); TECGRAF-PUC Rio (Grupo de Tecnologia em Computação Gráfica da PUC-Rio), e PETROBRÁS/CENPES (Centro de Pesquisas "Leopoldo Miguez") (CÂMARA et al., 1996).

3.2- MÉTODOS

Os mapas produzidos neste trabalho (mapa de uso atual das terras e mapa de degradação ambiental), têm como base cartográfica a projeção Universal Transverse de Mercator - UTM; fuso 22; sistema de referência WGS84 (G1150) (World Geodetic System 1984), compatível com o SIRGAS2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas), ao nível de centímetro (diferença menor que 0,01 m). Sistema geodésico de referência adotado oficialmente no Brasil em 25 de fevereiro de 2005.

O registro (georreferenciamento) das imagens CBERS-2 foi realizado tendo como base de referência o mosaico georreferenciado de imagens de satélite LANDSAT-TM ortorretificadas, disponíveis na Internet (NASA, 2008).

O registro é feito para possibilitar a integração de uma imagem, com correção de sistema, a mapas e a outros dados georreferenciados.

3.2.1- ELABORAÇÃO DO MAPA DE USO ATUAL DO SOLO

Para a elaboração do mapa de uso atual foi montado um mosaico de imagens do satélite CBERS-2, sensor CCD, com resolução espacial de 20 m.

Sobre as imagens inseridas no banco de dados, aplicaram-se os procedimentos de pré-processamento, ou seja, realce de imagens, registro e recorte da área de estudo.

A seguir são destacadas as etapas do processo de confecção do mapa de uso atual do solo com a aplicação do sistema de informação geográfica SPRING.

3.2.1.1- Classificação supervisionada das imagens de satélite e mapeamento das classes de uso.

O método de classificação adotado foi o da máxima verossimilhança (Maxver) em que a identificação do objeto é feita pelas características pontuais (por amostragem). Este classificador avalia tanto a variância como a covariância dos padrões de resposta espectral de uma categoria, quando se está classificando um pixel desconhecido (BARBOSA, 1998).

De acordo com CRÓSTA (1992) o método Maxver parte do princípio que o analista conhece bem a imagem a ser classificada, para que sejam definidas classes representativas. O resultado do Maxver é tanto melhor quanto maior o número de pixels numa amostra de treinamento.

Os procedimentos ou seqüência lógica de operação são descritos a seguir:

1. Criação de um arquivo de contexto – tem a finalidade de armazenar as bandas ou imagens que serão usadas no processo de classificação;
2. Treinamento - amostragens sobre a imagem;
3. Análise das amostras - verificar a validade das amostras coletadas;
4. Classificação - de posse das amostras e das bandas escolhidas a imagem é classificada;
5. Pós-classificação - processo de extração de pixels isolados em função de um limiar;
6. Mapeamento - transformar a imagem classificada (categoria Imagem) para um mapa temático raster (categoria Temática).

O mapeamento temático, do uso da terra da bacia do rio Uberaba, foi realizado tendo como definição as classes: “vegetação nativa”, “pastagem”, “área agrícola”, “área urbana e “rio, lagoa ou represa”.

3.2.1.2- Trabalho de campo para checagem e avaliação

O trabalho de campo foi realizado através do reconhecimento geral da área. Durante os trabalhos de campo realizou-se a verificação da verdade terrestre, onde foram analisadas, em especial, as áreas com possíveis erros de classificação. Foi utilizado o receptor GPS para o georreferenciamento das áreas verificadas.

3.2.1.3- Edição matricial e digitalização dos dados obtidos no campo para a elaboração do mapa final de uso do solo

O objetivo da edição matricial é corrigir erros resultantes da classificação automática. Na edição matricial identificam-se áreas que não foram classificadas, copiando e modificando as áreas que foram erroneamente classificadas.

Nesta etapa foram, portanto, corrigidos os erros cometidos durante a classificação. Para este fim foram utilizados dados e observações de campo como verdade terrestre na produção do mapa final de uso do solo.

3.2.2- AVALIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL

3.2.2.1- Elaboração do mapa de zonas homólogas

A metodologia para interpretação visual de imagens orbitais utilizada neste estudo é baseada na técnica de fotointerpretação de fotografias aéreas, adaptada à análise de imagens LANDSAT, elaborada por VENEZIANI & ANJOS (1982).

Neste processo elaborou-se o mapa de zonas homólogas, baseado nos parâmetros: tonalidade de cinza, textura fotográfica, relevo, vegetação e grau de intensidade de uso das terras.

Segundo VENEZIANI & ANJOS (1982) zonas homólogas são áreas delimitadas sobre as imagens constituídas por elementos texturas que possuem propriedades qualitativas idênticas e a mesma estrutura.

As zonas homólogas são áreas nas imagens orbitais que possuem a mesma resposta ambiental em relação à ação antrópica (TOMINAGA et al., 2004).

As imagens de satélite foram utilizadas como base para orientação, espacialização e diagnose preliminar das áreas com diferentes níveis de degradação.

Para a confecção das zonas homólogas montou-se a composição colorida B2-R3-G4, formando um mosaico com as imagens do satélite CBERS-2. Através do sistema de informação geográfica SPRING, criou-se a categoria temática “degradação”, por meio do comando “modelo de dados,” contendo quatro classes temáticas: “baixo”, “moderado”, “acentuado” e “severo”. Para essas classes atribuíram-se cores: oliva (amarelo escuro); cáqui (amarelo); laranja escuro e urucum (vermelho escuro), respectivamente.

Na categoria “degradação” criou-se o PI (plano de informação), temático “zonas homólogas”, através do comando “plano de informação”, sem classes temáticas, exclusivo para a confecção das zonas homólogas.

As zonas homólogas foram produzidas através da digitalização sobre o mosaico de imagens de satélite CBERS-2, onde foram delimitadas as regiões que apresentavam características semelhantes, produzindo assim, um plano de informação vetorial, que serviu como base para a análise da degradação ambiental, sobrepondo este PI sobre os mapas de uso atual, declividade, solo, potencial natural de erosão, área de conflito e o mosaico de imagens CBERS-2 do período seco, para facilitar a análise da vegetação, especialmente a nativa.

O mapa de zonas homólogas foi sobreposto, portanto, sobre os mapas temáticos. No caso do mapa de solos, foram extraídas informações sobre o potencial agrícola, destacando-se a sua qualidade em especial a topografia, ou a fertilidade natural das terras. Nesse caso foram consideradas três situações em função da qualidade das terras: terras boas para plantar, peso 1; terras regulares para o plantio, peso 2; terras inadequadas, peso 3. Quanto maiores forem os pesos, maiores serão as limitações das terras ou sua capacidade de suporte na produção de alimentos.

3.2.2.2- Determinação dos níveis de degradação ambiental

Neste estudo procurou-se resgatar trabalhos pioneiros, especialmente os realizados por grupos de pesquisadores, onde foi utilizada uma grande diversidade de indicadores na avaliação da degradação ambiental.

Na determinação dos níveis de degradação ambiental foram agrupadas partes das metodologias utilizadas por FERREIRA et al. (1994), ITDG (1994), BAUMGRATZ & BOAVENTURA (1986) e EMBRAPA (1994), adaptadas por CANDIDO et al. (2002), para trabalhos em escalas de semi-detalhe (1:100.000).

As conseqüências dos impactos gerados pelas ações antrópicas, ao longo do tempo na bacia, foram avaliadas através dos indicadores:

1. vegetação
2. topografia
3. solo/geologia
4. potencial natural de erosão-PNE
5. mecanização
6. área agrícola
7. densidade populacional
8. pecuarização
9. área de conflito

O indicador, “área de conflito”, foi adotado neste estudo, por considerar que as áreas de uso do solo em conflito são áreas onde os efeitos dos impactos são maiores ou mais danosos ao ambiente. Para este indicador considerou-se três situações de conflito de uso do solo. O peso foi definido em função do percentual de ocorrência de conflito em cada zona homóloga: sem conflito, peso 1; menor que 50 %, peso 2; áreas com ocorrência maior que 50 %, peso 3.

Na avaliação dos indicadores foram atribuídos pesos em função dos seus impactos ou importância para o ambiente. Quanto maior for o peso, maior será o impacto no ambiente.

A soma total dos pesos dos indicadores, para cada uma das 132 zonas homólogas analisadas, é de 29 pontos, sendo o máximo que se pode atingir por zona. Para o nível de degradação “baixo” foram adotados valores menores ou iguais a 13 pontos. Para o nível “moderado”, consideraram-se os valores situados no intervalo de 14 a 16. As zonas com pesos situados entre 17 a 19 pontos foram classificadas como nível “acentuado” e as com pesos iguais ou maiores que 20 pontos, como nível de degradação ambiental “severo”.

Através da edição vetorial no SPRING, associou-se cada zona homóloga, em função do peso encontrado, às classes previamente determinadas.

3.2.2.3- Checagem de campo para avaliação complementar da vulnerabilidade ambiental

O trabalho de campo foi realizado através do reconhecimento geral da área, e de acordo com as unidades morfológicas previamente reconhecidas nas imagens orbitais. Para esse fim foram adotados os seguintes critérios para verificação da fidelidade dos resultados.

- Prioridades de checagem de campo:
 - Áreas classificadas com índices baixo e severo (extremos da classificação);
 - Áreas classificadas (zonas homólogas), sorteadas para checagem de forma aleatória, conforme determinado pela fórmula a seguir.

Para o cálculo do número de amostras, correspondentes às zonas homólogas a serem checadas, utilizou-se da equação descrita por ROCHA & RURTZ (2001):

$$n = 0,25 Q N / [(Er^2) (N-1) + 0,25 Q]$$

Em que:

n = número de visitas a serem realizadas;

Q = valor tabelado do Qui-Quadrado, no presente caso igual a 3,841;

0,25 = variância máxima para um desvio padrão de 0,5;

Er = erro escolhido pelo pesquisador, igual a 0,1 (10%);

N = número de zonas homólogas.

Nesta etapa realizou-se, portanto, o trabalho de verificação da verdade terrestre. Também foram colhidos dados complementares e essenciais para o ajuste na avaliação dos indicadores, tais como: informações detalhadas sobre o relevo, a vegetação, erosões, uso do solo etc. O receptor GPS foi utilizado na locação ou georreferenciamento dos pontos estudados, principalmente os locais de maior impacto ambiental. Uma máquina fotográfica foi utilizada para o registro de dados como: assoreamentos, fontes de poluição, vista panorâmica da área, etc, que auxiliaram bastante na análise final da degradação ambiental.

3.2.2.4- Mapa de degradação ambiental

De acordo com as análises dos indicadores e com os dados de avaliação obtidos no campo, utilizou-se o SPRING, que através da edição vetorial, efetuou-se o ajuste ou correção das áreas classificadas em desacordo com a realidade do ambiente da bacia; concluindo, portanto, o mapa de degradação ambiental, composto pelos níveis: baixo; moderado; acentuado e severo.

A seguir é apresentado o diagrama de fluxo do processo metodológico de avaliação da degradação ambiental adotado neste estudo (Figura 28).

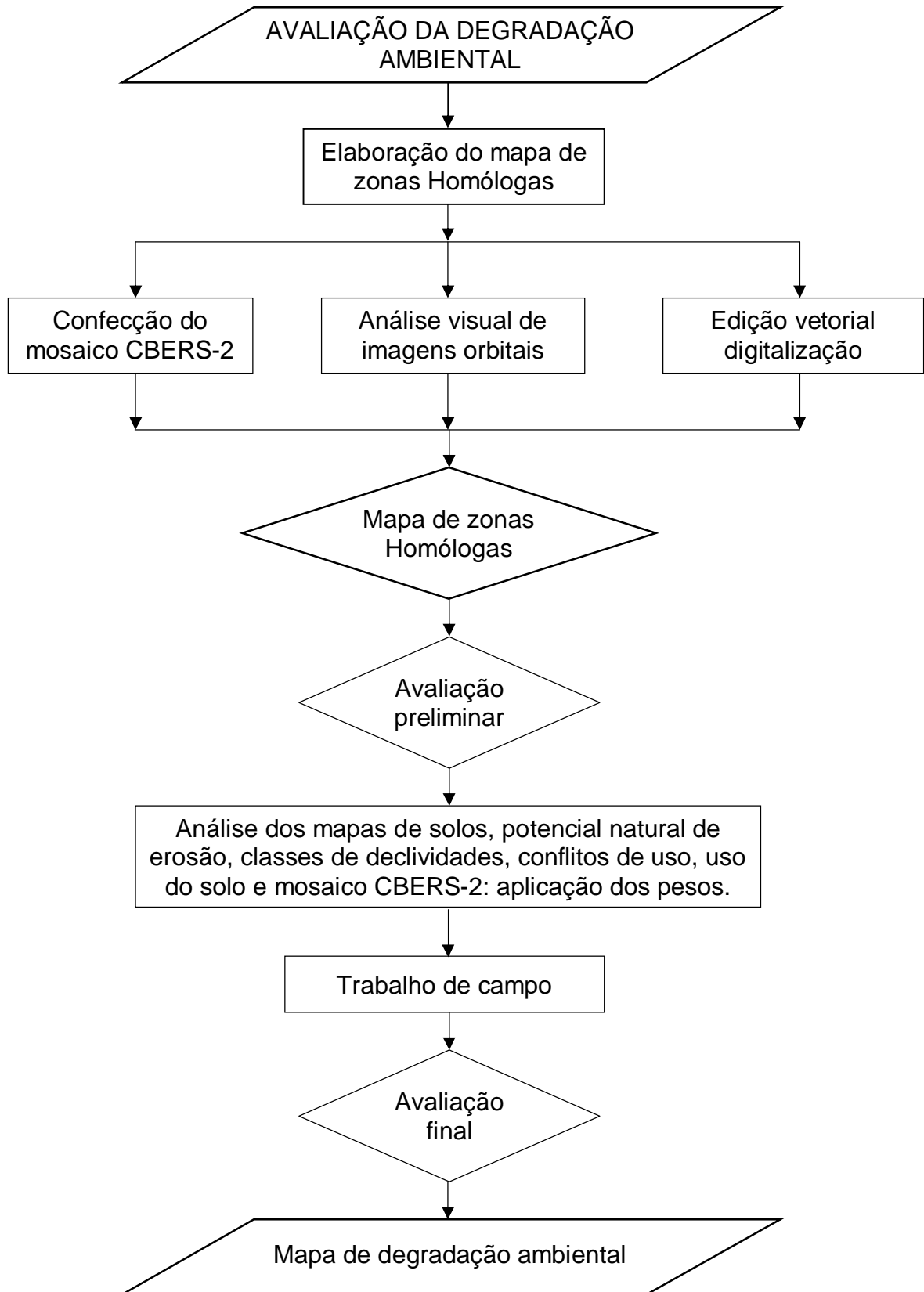


Figura 28. Diagrama de fluxo de avaliação da degradação ambiental.

4- RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1- ANÁLISE TEMPORAL DO USO DO SOLO DA BACIA DO RIO UBERABA

De acordo com os dados das Tabelas 10 e 11 observa-se que entre as décadas de 60, 90 e até o ano de 2008, ocorreu uma diminuição progressiva e significativa da vegetação nativa, atingindo valores irrisórios em 2008 (17,96 %), não respeitando o mínimo determinado por lei.

A expansão da área agrícola é crescente, onde se destaca a redução das áreas de pastagens, especialmente para o cultivo da cana-de-açúcar.

Tabela 10. Uso e ocupação do solo da bacia do rio Uberaba nas décadas de 60 e 90 (CRUZ, 2003).

TIPO DE USO DO SOLO	DÉCADA DE 60		DÉCADA DE 90	
	área (ha)	%	área (ha)	%
1- Vegetação nativa	97.365,20	40,70	46.715,50	19,70
2- Área agrícola	26.960,90	11,30	46.661,40	19,60
3- Pastagens	111.350,00	46,80	139.156,40	58,50
5- Área urbana	1.945,20	0,80	3.250,00	1,40
6- Lagoas, represas.	115,00	0,10	1.951,31	0,80

Na Figura 30 é apresentado o mapa de uso do solo da bacia do rio Uberaba.

Tabela 11. Uso e ocupação do solo da bacia do rio Uberaba no ano de 2008.

TIPO DE USO DO SOLO	USO – ANO 2008	
	área (ha)	% do total (241.915,00 ha)
1- Vegetação nativa	43.436,00	17,96
2- Área agrícola	67.721,00	27,99
3- Pastagens	121.458,00	50,21
5- Área urbana	4.696,00	1,94
6- Rios, lagoas e represas.	4.596,00	1,90

4.2 – ZONAS HOMÓLOGAS DA BACIA DO RIO UBERABA

O mapa de zonas homólogas foi utilizado como estrutura padrão de análise das áreas identificadas por números (zonas homólogas ou áreas com características semelhantes) (Figura 29).

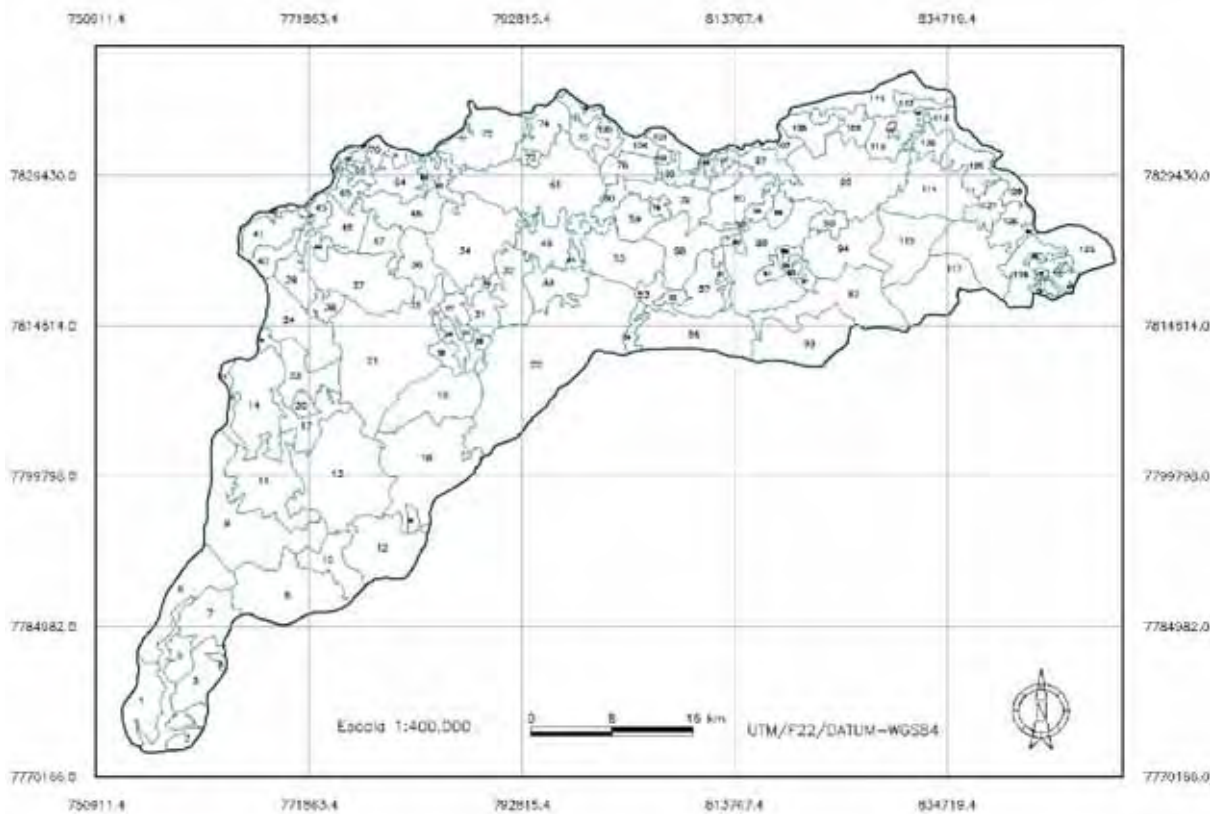


Figura 29. Mapa das zonas homólogas da bacia do rio Uberaba.

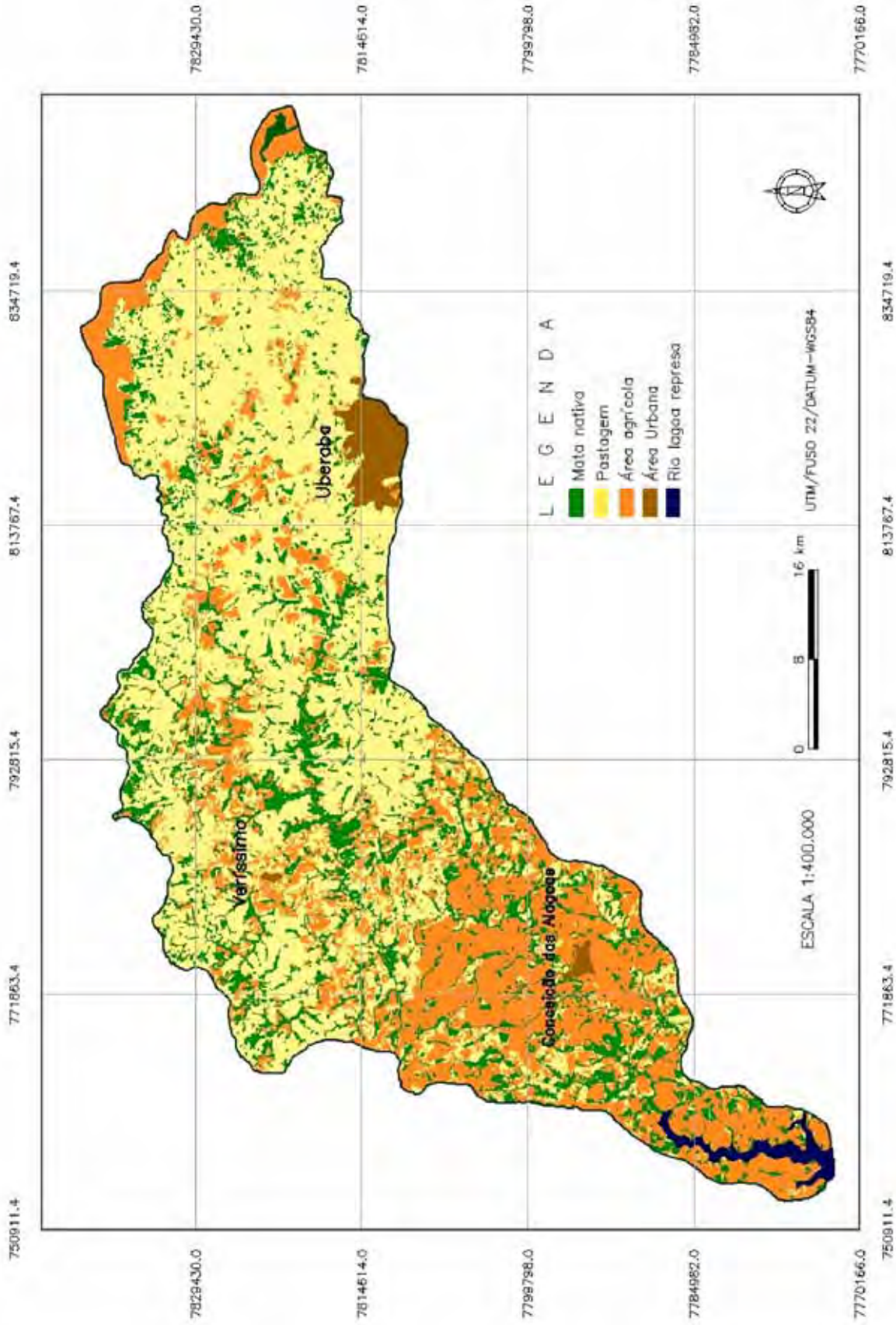


Figura 30. Mapa de uso do solo da bacia do rio Uberaba – ano de 2008.

Quanto menor a área das zonas homólogas maior será a precisão na avaliação. O número de zonas homólogas também influencia na qualidade da avaliação, quanto maior for o número de zonas homólogas maior será precisão.

Total de zonas homólogas encontradas na bacia do rio Uberaba 132, com áreas variando de 0,42 km² a 139 km².

4.3 – PRODUTO DAS ANÁLISES DOS INDICADORES

4.3.1- Distribuição dos solos nas zonas homólogas

Os Latossolos Vermelho distroférico predominam nas zonas homólogas Tabela 12. São solos muito profundos, com textura variando de média a argilosa, com maior ocorrência na região os de textura franco arenosa, bastante erosíveis (EMBRAPA/EPAMIG, 1982).

Tabela 12. Ocorrência dos solos nas zonas homólogas.

OCORRÊNCIA DOS SOLOS NAS ZONAS HOMÓLOGAS	
Tipo de solo	(%)
Latossolo Vermelho distroférico	71,21
Latossolo Vermelho distrófico	
Latossolo Vermelho Amarelo distroférico	19,70
Argissolo Vermelho Amarelo	9,09

No mapa de solos Figura 31 tem-se como exemplo a zona homóloga 22, que pelos critérios de avaliação, o solo classificado (predominante) é o Latossolo Vermelho distroférico, onde se obteve peso 2 (terras regulares para plantio). Como as zonas homólogas foram construídas baseadas em imagens de satélites; o critério adotado para a análise dos demais mapas temáticos, inclusive o mosaico de imagens orbitais, foi considerar o elemento ou fator de maior expressão ou dominância em cada zona homóloga.

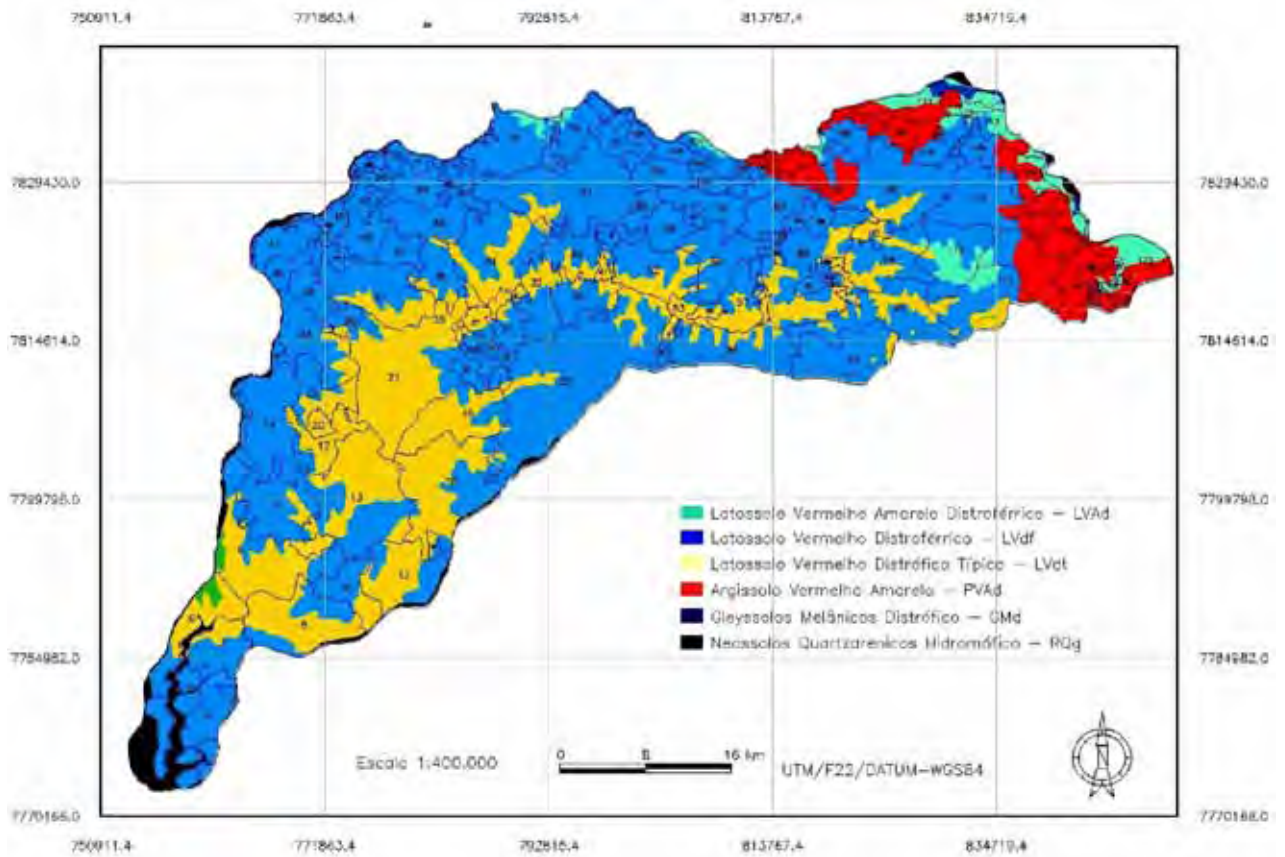


Figura 31. Distribuição de classes de solos nas zonas homogêneas sobre o mapa de solos da bacia do rio Uberaba (VALLE JUNIOR, 2008).

4.3.2- Distribuição da vegetação no mosaico de imagens de satélite CBERS-2

Neste estudo analisou-se a cobertura vegetal nativa; para isso, utilizou-se o mosaico de imagens CBERS-2 da estação seca, onde foi observada uma cobertura vegetal bastante pobre (Figura 32).

Na análise da vegetação observa-se a predominância da vegetação aberta e rala, destacando-se um percentual bastante baixo de áreas com vegetação fechada (Tabela 13).

Tabela 13. Distribuição da vegetação nas zonas homólogas.

DISTRIBUIÇÃO DA VEGETAÇÃO NAS ZONAS HOMÓLOGAS	
Vegetação/grau de distribuição	Percentual de ocorrência (%)
Muito rala	9,09
Rala	30,30
Aberta	36,34
Semi-densa	16,70
Densa	5,30
Fechada	2,27

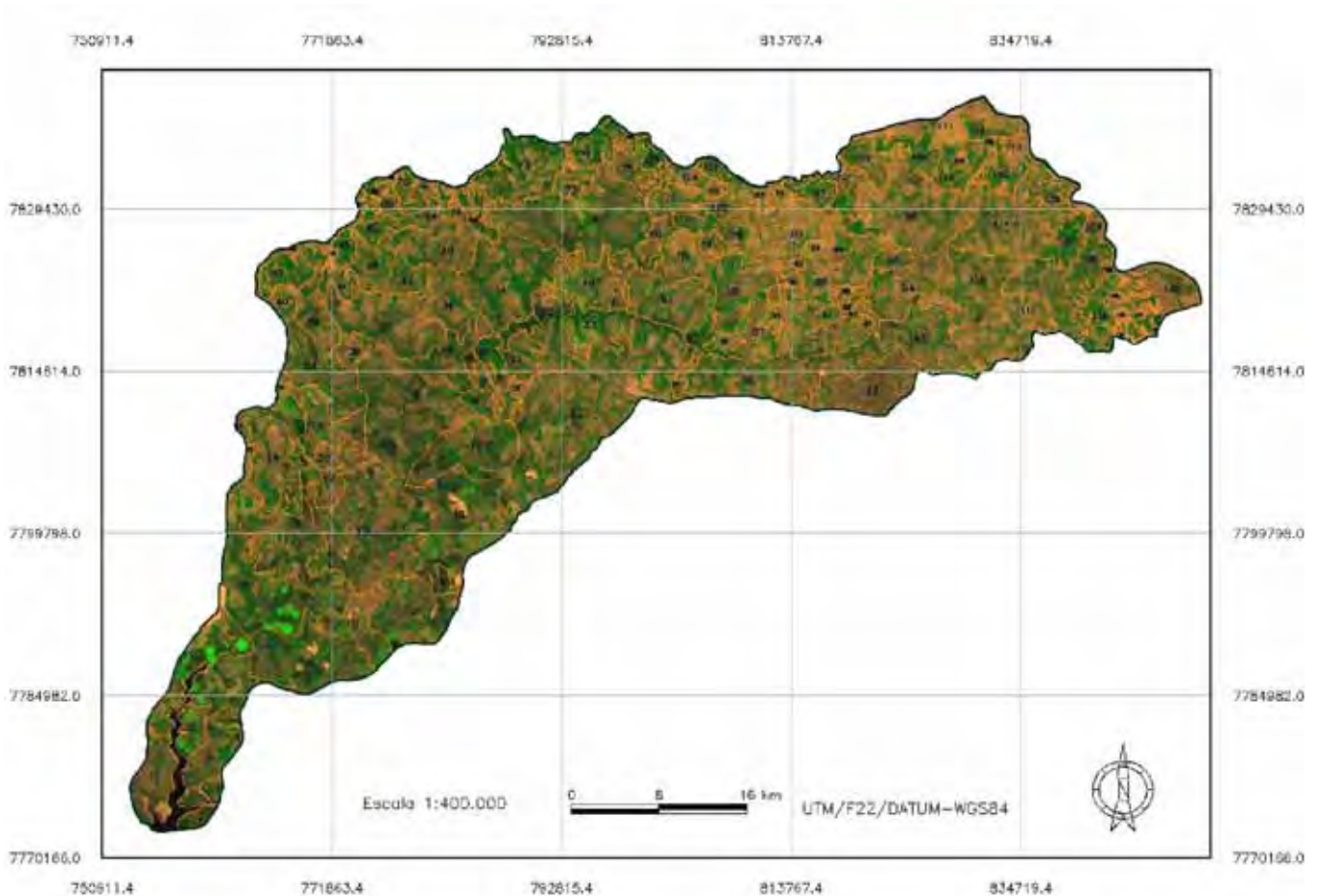


Figura 32. Zonas homólogas sobre o mosaico do satélite CBERS-2. Composição colorida B2-R3-G4. Época seca.

Os impactos na cobertura vegetal original, provocados pelas ações antrópicas, são um dos primeiros fatores responsáveis pelo desenvolvimento do processo de degradação das terras, especialmente pela ação que exerce na proteção do solo contra os efeitos erosivos. Na análise da vegetação seis níveis ou situações foram consideradas. Quanto menor for a cobertura vegetal presente na zona homóloga, maior será o peso: vegetação fechada, peso 1; densa, peso 2; semi-densa, peso 3; aberta, peso 4; rala, peso 5 e muito rala, peso 6; portanto, é o indicador mais representativo ou de maior peso na avaliação da degradação ambiental. A presença de vegetação sobre Latossolos no Cerrado é suficiente para reduzir em até 90 % as perdas de solo por erosão (CORRÊA, 2005).

O mosaico de imagens CBERS-2, também foi utilizado na avaliação do indicador densidade populacional, o qual foi subdividido em três níveis: < 15 hab/km², peso 1; 15 a 30 hab/km², peso 2; > 30 hab/km², peso 3. Nesse caso foi considerada a concentração de moradias, ou a sua inexistência nas zonas homólogas, sendo a classificação efetuada por estimativa.

4.3.3- Distribuição do potencial de erosão nas zonas homólogas

O potencial natural de erosão (PNE) é obtido a partir da integração de dados dos fatores da EUPS (equação universal de perdas de solo), que se referem aos elementos do meio físico, considerando a erosividade da chuva, erodibilidade do solo e fator topográfico. Assim, o mapa de potencial natural de erosão Figura 33 é um substancial elemento na análise da vulnerabilidade ambiental. Neste parâmetro destacaram-se três níveis: baixo risco de erosão, peso 1; médio risco de erosão, peso 2; e alto risco de erosão, peso 3.

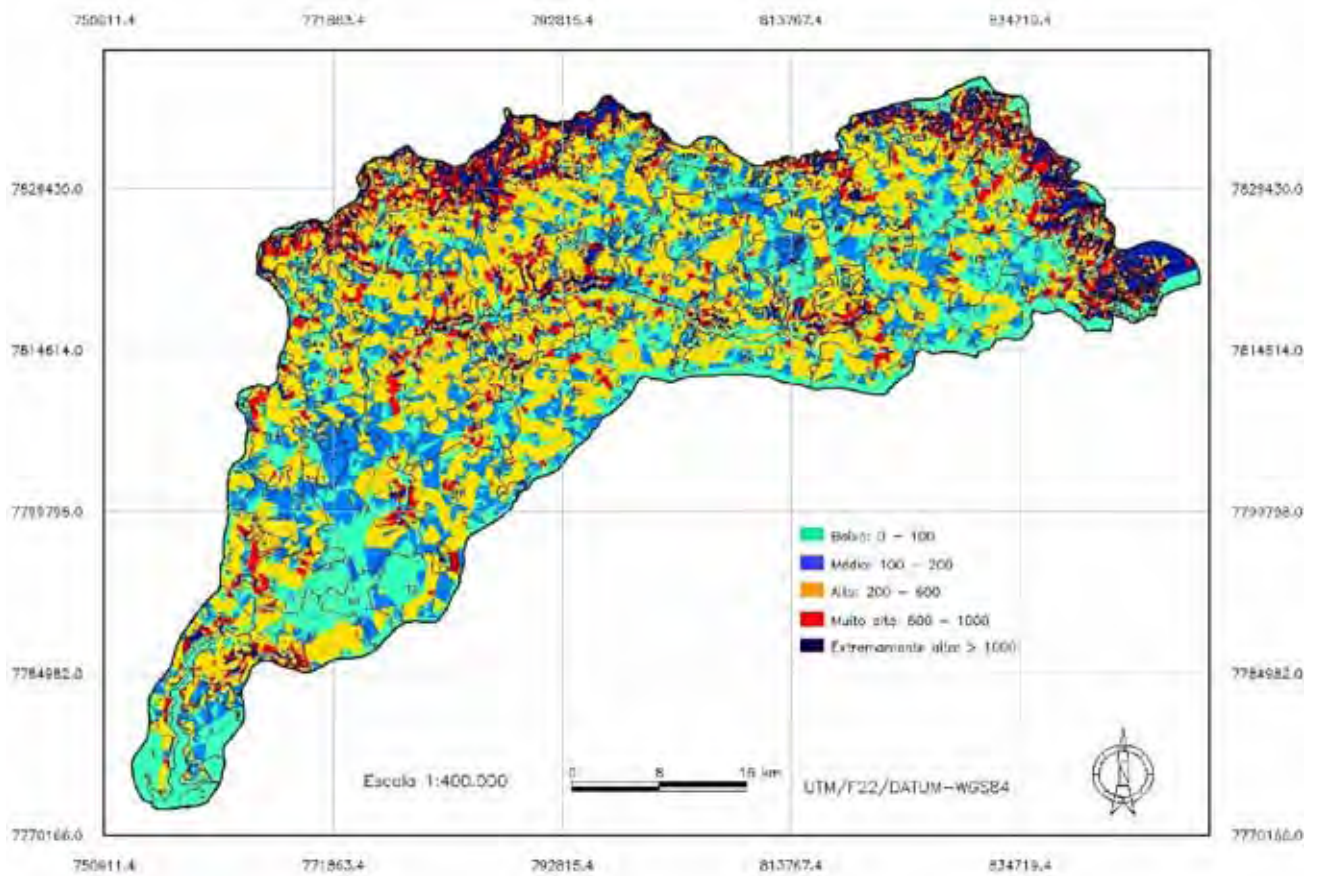


Figura 33. Zonas homogêneas sobre o mapa de potencial de erosão – PNE (VALLE JUNIOR, 2008).

Tabela 14. Potencial natural de erosão encontrado nas zonas homogêneas.

POTENCIAL NATURAL DE EROSÃO – PNE DA BACIA DO RIO UBERABA	
Riscos de erosão	(%)
Baixo	24,25
Médio	55,30
Alto	20,45

O potencial natural de erosão não considera a ação antrópica e a cobertura sobre o solo, ou seja, estima-se a suscetibilidade à erosão especificamente em função de

suas condições físicas (clima, solo e relevo) (VALÉRIO FILHO, 1994 citado por SIIVA et al., 2003). No caso da bacia do rio Uberaba predomina a suscetibilidade natural de erosão média, que contribuiu para a definição do índice de degradação ambiental “moderado” em torno de 50 % da área da bacia (Tabela 14).

4.3.4- Distribuição das classes de declividades nas zonas homólogas

A topografia é um fator bastante expressivo na estabilidade do ambiente, a exemplo da vegetação, tem uma participação muito significativa nos processos de degradação ambiental (Figura 34).

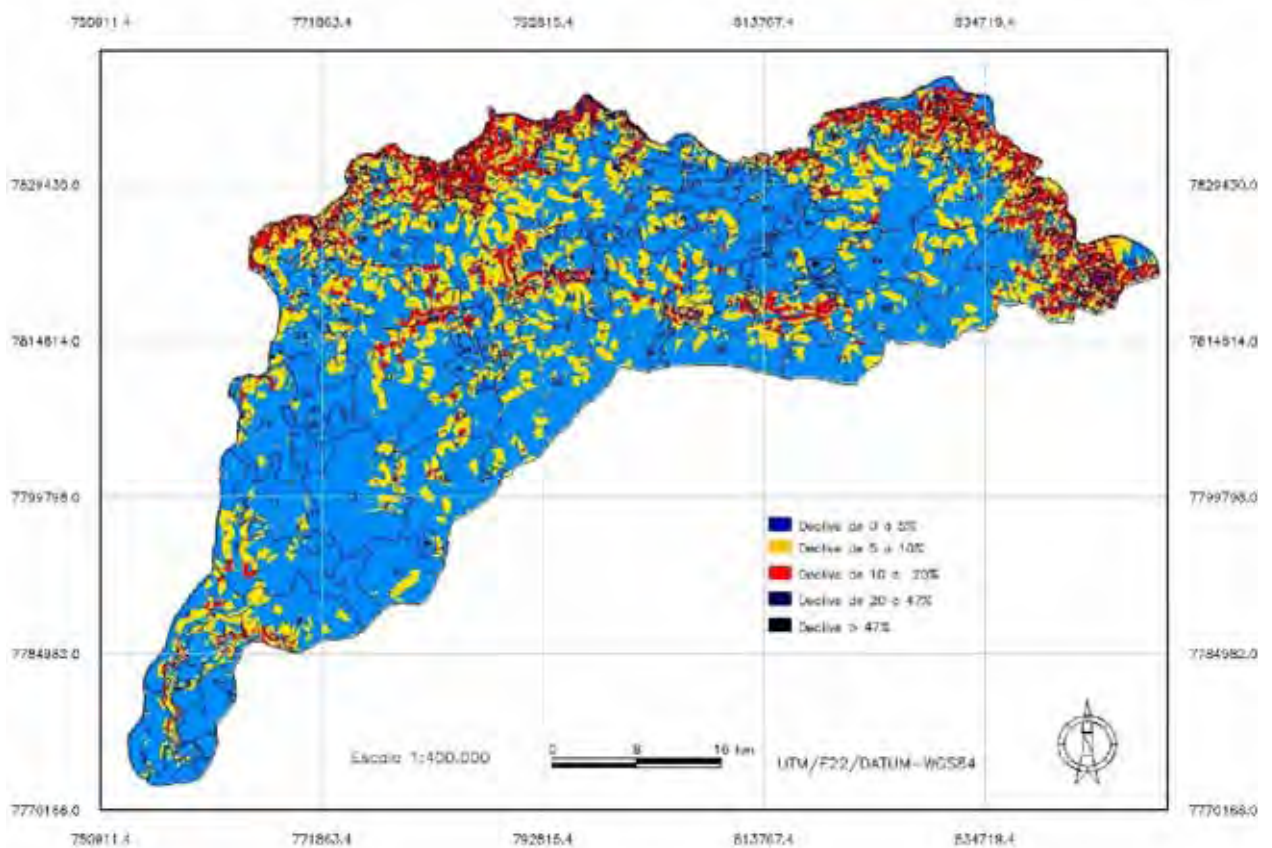


Figura 34. Zonas homólogas sobre o mapa de declividades (VALLE JUNIOR, 2008).

De acordo com a classificação da EMBRAPA (1999) predominam na bacia do rio Uberaba o relevo plano (0 % a 3 %) a ondulado (8 % a 20 %), num total de 96,21 % (Tabela 15). Valores encontrados nas zonas homólogas.

A topografia da bacia contribui para a estabilidade do ambiente, especialmente dos processos erosivos (46,97 % da área apresentam índice de degradação ambiental “moderado”).

Este indicador foi distribuído em cinco níveis de declividades, acompanhados dos seus respectivos pesos: declives de 0 a 5 %, peso 1; declives de 5 a 10 %, peso 2; declives de 10 a 20 %, peso 3; declives de 20 a 47 %, peso 4; e declives acima de 47 %, peso 5.

Tabela 15. Ocorrência das classes declividades nas zonas homólogas.

PERCENTUAL DE OCORRÊNCIA DAS CLASSES DE DECLIVIDADES NAS ZONAS HOMOLÓGAS	
Classes de declives	(%)
0 - 5	31,82
5 - 10	33,33
10 - 20	31,06
20 - 47	3,79
> 47	0,00

Em pesquisa realizada por CRUZ (2003) na área de estudo; as áreas de relevo plano a ondulado (declives entre 0 a 10 %) ocupam praticamente toda a extensão da bacia 90,3 %, predominando as baixas declividades. Declives entre 10 e 20 %, correspondem a 8 % da área; e declives acima de 20 %, são áreas de relevo montanhoso escarpado, ocupando apenas 1,7 % da bacia.

As áreas com declives acima de 47 %, são muito pequenas e pontuais, que

apesar de existirem, não foram classificadas em nenhuma das zonas homólogas, em função dos critérios adotados neste trabalho (o fator de maior expressão, ou declive predominante na zona homóloga analisada).

4.3.5- Distribuição dos indicadores mecanização, área agrícola e pecuarização nas zonas homólogas

As análises dos indicadores área agrícola, mecanização e pecuarização foram realizadas tendo como base o mapa de uso do solo do ano 2008, Figura 35. O indicador área agrícola foi subdividido em dois níveis: áreas de cultivo menor que 50 %, peso 1; área agrícola maiores que 50 %, peso 2. Para o indicador mecanização considerou-se o seu uso na zona homóloga analisada, adotando-se peso 1 para ausência de mecanização e peso 2 para a existência de mecanização, tendo como base as áreas agrícolas, em especial, às culturas que se utilizam de muita mecanização como no caso da soja e cana-de-açúcar.

No indicador pecuarização considerou-se a sua presença ou não na zona homóloga, onde se adotou o peso 1 para ausência de pecuarização e peso 2 para a sua existência.

Na Tabela 16 têm-se o percentual de distribuição dos indicadores área agrícola, mecanização e pecuarização nas zonas homólogas.

Tabela 16. Distribuição dos indicadores área agrícola, mecanização e pecuarização nas zonas homólogas.

DISTRIBUIÇÃO DOS INDICADORES MECANIZAÇÃO, ÁREA AGRÍCOLA E PECUARIZAÇÃO NAS ZONAS HOMÓLOGAS	
Indicador	Percentual de ocorrência (%)
Mecanização	26,52
Área agrícola (> 50 % em cada zona homóloga)	25,76
Pecuarização	62,12

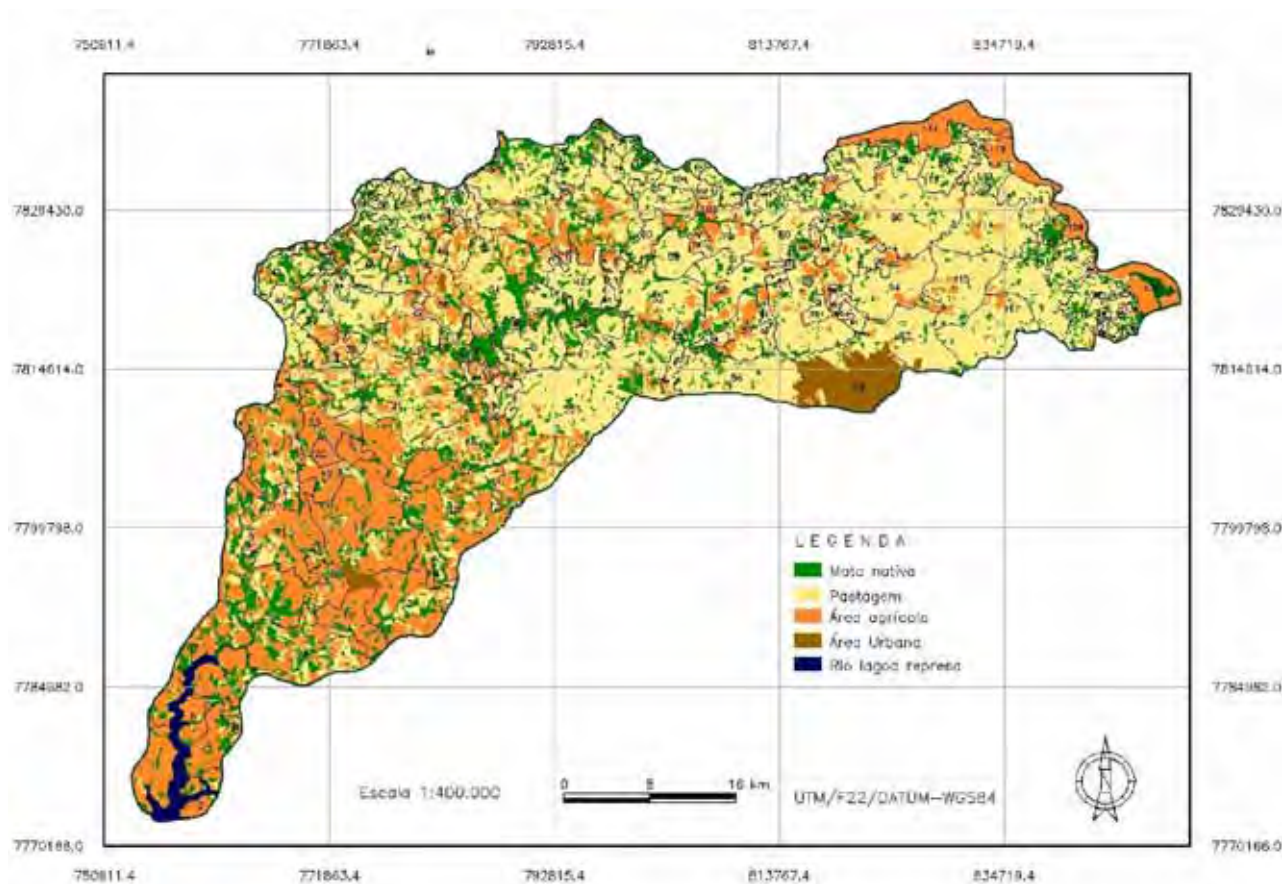


Figura 35. Zonas homogêneas sobre o mapa de uso do solo.

4.3.6- Distribuição das áreas de conflito de uso do solo nas zonas homogêneas

As áreas de ocorrência de conflitos de uso do solo nas zonas homogêneas da bacia são destacadas na Tabela 1 e Figura 36.

Tabela 17. Ocorrência de conflitos de uso do solo nas zonas homólogas.

DISTRIBUIÇÃO DAS ÁREAS DE CONFLITOS NAS ZONAS HOMÓLOGAS	
Ocorrência de conflito	(%)
Sem conflito	30,30
< 50 %	52,28
> 50 %	17,42

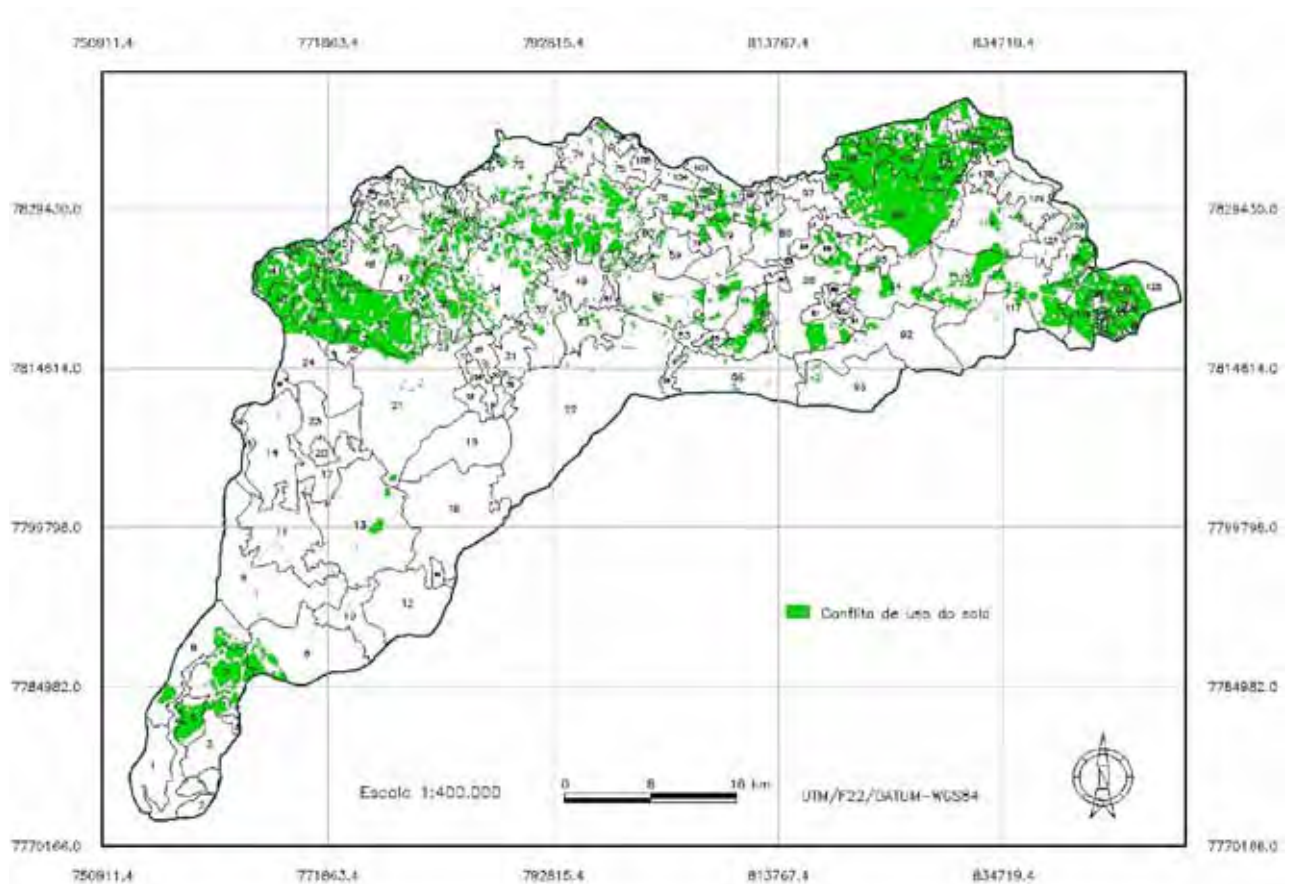


Figura 36. Zonas homólogas sobre o mapa de conflito de uso do solo (VALLE JUNIOR, 2008).

TORRES et al. (2007) constataram conflitos de uso do solo na microbacia do córrego Lanhoso (microbacia do rio Uberaba). Nesta área a legislação ambiental vem sendo desrespeitada, pois as áreas de pastagens estão à beira do córrego, onde se observa o seu assoreamento. Nas áreas de classe VI e VIII, foram encontrados locais de deposição de lixo. Prática conflitante com os possíveis usos da área, tornando-se um foco de poluição.

Exemplos típicos de conflitos de uso do solo, existente na área da bacia do rio Uberaba, é destacado na Figura 37 onde a cultura da cana-de-açúcar avança até as áreas de nascente ou de preservação permanente.

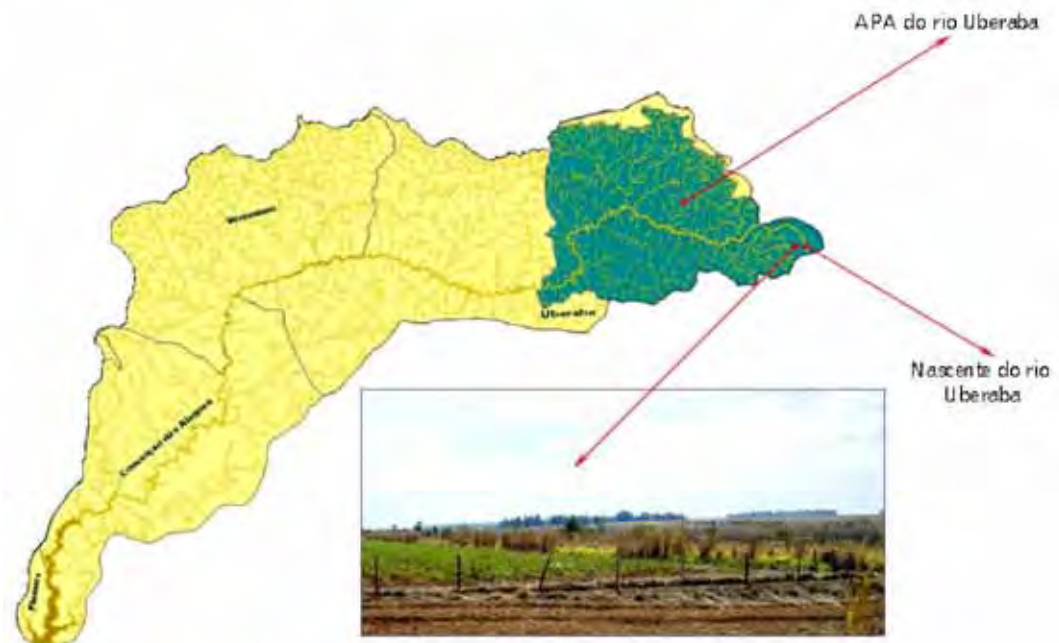


Figura 37. APA do rio Uberaba. Em detalhe: cultivo de cana-de-açúcar próximo a nascente do rio Uberaba.

Os resultados das Tabelas 18 e 19 (somatório geral) correspondem ao grau de vulnerabilidade de cada zona homóloga. O valor máximo que se pode obter, nos pesos, em cada zona homóloga, é vinte e nove, e o mínimo de nove pontos. Esses resultados foram utilizados no SPRING para elaboração do mapa de degradação ambiental.

Tabela 18. Avaliação da vulnerabilidade ambiental das zonas homólogas (CANDIDO et al., 2002).

INDICADORES		ZONAS HOMÓLOGAS - PESO ENCONTRADO																	
PESO	DADOS (níveis)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	Muito rala	6																6	
	Rala		5	5															5
	Aberta				4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
	Semi-densa								3										3
	Densa									2									
	Fechada	1																	
	PESO																		
	DADOS (%)																		
	1	0 - 5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2	5 - 10																	
	3	10 - 20							2	2									2
	4	20 - 47																	
	5	> 47																	
	PESO																		
	DADOS (qualidade)																		
	1	Terras boas p/ plantar								1	1								1
	2	Terras regulares	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	3	Terras Inadequadas																	
	PESO																		
	DADOS (sim/não)																		
	2	Sim																	
	1	Não	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	PESO																		
	DADOS (sim/não)																		
	2	sim	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	1	não																1	1
	SOMATÓRIO - I		10	9	9	6	8	8	8	8	7	8	7	7	8	9	11	8	7

Tabela 19. Avaliação da vulnerabilidade ambiental das zonas homólogas (CANDIDO et al., 2002).

*AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DAS ZONAS HOMÓLOGAS																						
INDICADORES		ZONAS HOMÓLOGAS - PESO ENCONTRADO																				
PESO	DADOS (%)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18			
POTENCIAL NATURAL DE EROÇÃO - PNE		1	Baixo risco de erosão			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
2	Médio risco de erosão						2	2	2	2	2	2	2	2						2		
3	Alto risco de erosão																					
ÁREA AGRÍCOLA		PESO	DADOS (%)																			
1	< 50		1																	1	1	
2	> 50		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
DENSIDADE POPULACIONAL		PESO	DADOS (hab/km ²)																			
1	< 15		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	15 - 30																					
3	> 30																					
ÁREA DE CONFLITO		PESO	DADOS (sim/não)																			
1	Sem conflito		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	< 50%																					
3	> 50%																					
SOMATÓRIO - II			7	7	6	7	8	9	9	9	8	9	8	9	8	9	6	5	7	7	7	7
SOMATÓRIO GERAL			17	16	15	13	16	17	17	17	16	16	17	15	16	14	14	18	15	14	14	14

*As demais zonas homólogas foram analisadas de forma idêntica.

Máximo atingível por área analisada: 29 pontos - Amplitude 1 29

NÍVEIS DE DEGRADAÇÃO ZONAS HOMÓLOGAS ENCONTRADAS

BAIXO: ≤ 13 4

MODERADO: 14 – 16

2; 3; 5; 9; 10; 12; 13; 14; 15; 17; 18

ACENTUADO: 17 – 19

1; 6; 7; 8; 11; 16

SEVERO: ≥ 20

Através da edição vetorial no SPRING, associou-se cada zona homóloga, em função do peso encontrado, às classes previamente determinadas, conforme observado na Tabela 20.

Tabela 20. Determinação dos níveis de degradação ambiental de acordo com a amplitude dos pesos encontrados.

DETERMINAÇÃO DOS NÍVEIS DE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL CONFORME A AMPLITUDE DOS PONTOS OU PESOS ENCONTRADOS			
BAIXO ≤ 13 Pontos Zonas homólogas encontradas	MODERADO 14 – 16 Zonas homólogas encontradas	ACENTUADO 17 – 19 Zonas homólogas encontradas	SEVERO ≥ 20 Pontos Zonas homólogas encontradas
4; 25; 27; 50.	1;2; 3; 5; 6; 5; 8; 9; 10; 11; 12; 15; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 23; 26; 29; 30; 31; 32; 33; 35; 36; 39; 43; 44; 45; 44; 51; 52; 53; 54; 56; 57; 58; 60; 68 75; 76; 77; 79; 80; 82; 83; 85; 88; 89; 90; 94; 95; 97; 99; 100; 101; 103;104; 105;109; 111; 112; 113; 114; 115;116 117;118; 126; 127;128; 129; 130; 132.	7; 16;24;28; 34; 37; 38; 40; 41;42; 48; 49; 55; 59;61; 62; 63; 64; 65; 66; 67; 69; 70; 71;72;74; 78; 81; 86; 87; 91; 92; 96; 98; 102; 106; 108; 120; 121; 122; 125; 129; 131.	21; 107; 110; 119; 123; 124.

Observa-se nos estudos de FERREIRA et al. (1994), uma grande diversidade de indicadores, onde a análise destes é baseada na presença ou ausência na microrregião estudada. Neste trabalho (desenvolvido na bacia do rio Uberaba), os indicadores foram subdivididos, aumentando assim, a sua capacidade de obter informações do ambiente, porém houve redução na quantidade, oriundas da ausência de dados ou adaptações da metodologia a região de estudo.

Na Figura 38 são destacadas a proporções territoriais e os respectivos percentuais de degradação ambiental da bacia.

No mapa de degradação ambiental da bacia do rio Uberaba Figura 39 são definidas quatro classes de degradação ambiental e sua distribuição espacial.

Na Tabela 21 são destacados os níveis de degradação ambiental e os percentuais de ocorrência na bacia do rio Uberaba.

Tabela 21. Ocorrência da degradação ambiental na bacia do rio Uberaba.

DEGRADAÇÃO AMBIENTAL DA BACIA DO RIO UBERABA - MG		
Nível de degradação	Área atingida (km ²)	(%)
Baixo	23,44	0,97
Moderado	1.136,19	46,97
Acentuado	1.160,28	47,96
Severo	99,13	4,10
Total	2.419,04	100,00

Conforme FERNADES et al. (2005), a região do Triângulo Mineiro (área da bacia do rio Uberaba) apresenta um ID (índice de degradação) variando entre 87,51 % a 100 %. Considerando os níveis de degradação ambiental apresentados neste trabalho (moderado 46,97 %; acentuado 47,96 %, e severo 4,10 %) somados, correspondem a 99,03 % de degradação ambiental, demonstrando compatibilidade nos resultados.

Percentual dos níveis de degradação ambiental

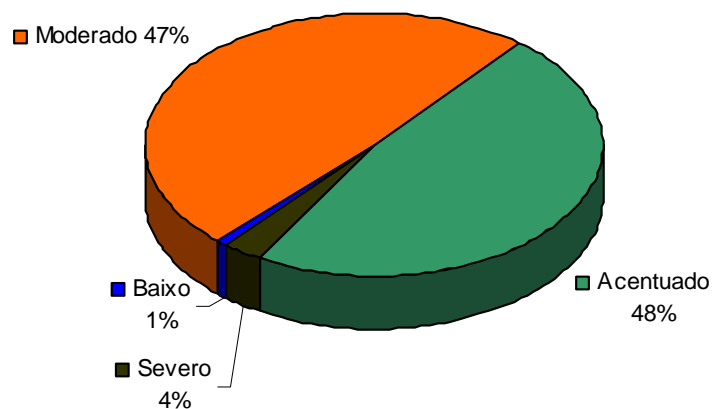


Figura 38. Níveis de degradação ambiental em percentual de ocupação territorial na bacia.

Os aspectos descritos no Quadro 2 são os fatores predominantes, considerando toda a área ocupada pela classe de degradação ambiental.

Quadro 2. Principais características das classes de degradação ambiental da bacia do rio Uberaba.

PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DAS CLASSES DE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL DA BACIA DO RIO UBERABA			
Níveis de degradação ambiental	Solos dominantes	Declividade (%)	Uso da terra
Baixo	Latossolo Vermelho distrófico	0 - 5	agricultura
Moderado	Latossolo Vermelho distroférico	0 - 10	agricultura pastagem
Acentuado	Latossolo Vermelho distroférico	0 - 20	pastagem
Severo	Argissolo Vermelho Amarelo	0 - 47	pastagem

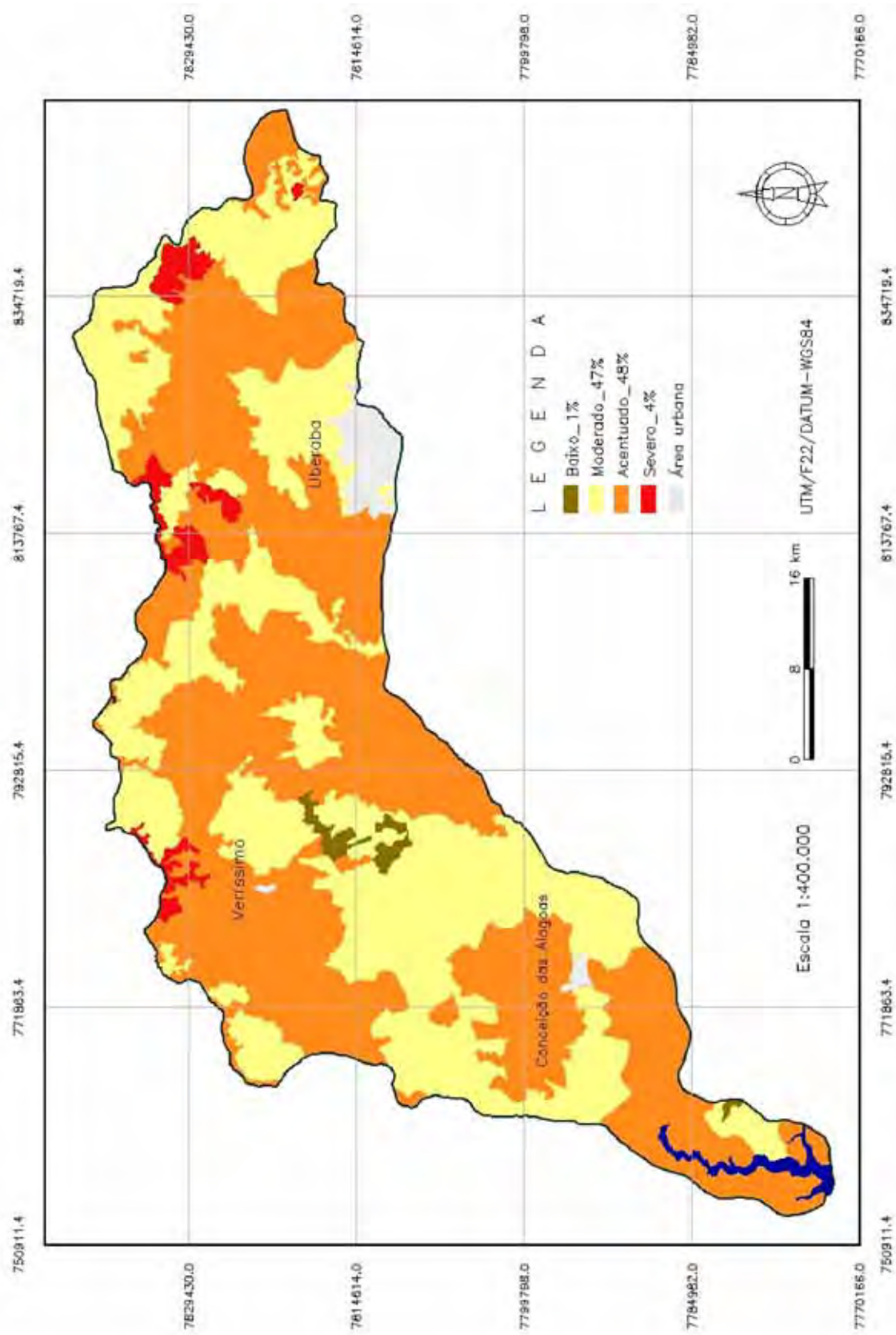


Figura 39. Mapa de degradação ambiental da bacia do rio Uberaba.

5- CONCLUSÕES

Os processos de degradação ambiental em níveis “acentuado” e “severo”, juntos, representam 52,06 % de toda extensão da bacia, inclusive atingindo áreas protegidas por lei, necessitando, portanto, de ações imediatas, tanto dos produtores rurais como do poder público, no sentido de repensar o modelo atual de exploração das terras e a adoção de técnicas de recuperação destas áreas.

As áreas classificadas com nível “baixo” de degradação ambiental possuem uma extensão inexpressiva, demonstrando um modelo de exploração não sustentável da bacia.

As áreas com níveis de degradação ambiental “severo” correspondem a 4,10 % de toda a bacia, porém são indícios ou sinais de extenuação dos recursos naturais.

6- REFERÊNCIAS

1. ABDALA, V. L. *Zoneamento ambiental da bacia do alto curso do rio Uberaba-MG como subsídio para gestão do recurso hídrico superficial*. 2005. 87 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2005.
2. ASSAD, E. D.; SANO, E. E. *Sistemas de informações geográficas: aplicações na agricultura*. 2. ed. Brasília: EMBRAPA-SPI/CPAC, 1998. 434 p.
3. BAUMGRATZ, S. S.; BOAVENTURA, R. S. Erosão acelerada e desertificação em Minas Gerais. In: SEMINÁRIO SOBRE DESERTIFICAÇÃO NO NORDESTE. 1986, Recife. *Documento final...* Brasília; SEMA, 1986. p. 84-110.
4. BARBOSA, A. K. A. *Um aporte à sustentabilidade hídrica da cidade de Uberaba por meio de atos legais pró-ativos*. 2006. 213 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2006.
5. BARBOSA, M. P. *Sensoriamento Remoto*. Processamento digital de imagens. Programa de suporte técnico à gestão de recursos hídricos. Curso de Especialização em Sensoriamento Remoto e SIG. Brasília, 1998, 23 p.
6. BARBOSA, M. P.; MORAES NETO, J. M. de; FERNANDES, M. F.; SILVA; M. J. da. Estudo da degradação das terras: município de Picos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO

- DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8., 2007, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2007. p, 4357-4363.
7. BARTHOLO, J. A. *Eficiência potencial de processos convencionais e especiais do tratamento de água para remoção de parâmetros ligados à agricultura*, Belo Horizonte: EPAMIG, 1994. 48p. (Boletim Técnico, 41).
 8. BERTONI, J.; LOMBARDI, N. *Conservação do solo*. São Paulo: Editora Ícone, 1993. 355 p.
 9. BOGNIOTTI, L. D.; NOGUEIRA, M. A. S.; SILVA, R. P. Estudo de erodibilidade na bacia do rio Uberaba (MG), com emprego de SIG In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28. 1999, Pelotas/RS. *anais...*1CD-Rom.
 10. BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Projeto RADAMBRASIL: *Folha SE - geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra*. Rio de Janeiro, 1983. 768 p.
 11. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Secretaria de Recursos Hídricos. *Desertificação*. Brasília, [1997?]. 1 folder.
 12. CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. *SPRING: integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling*. *Computers & Graphics*, New York, v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996.
 13. CANDIDO, H. G.; BARBOSA, M. P.; SILVA, M. J. da. Avaliação da degradação ambiental de parte do Seridó Paraibano. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 368-371, 2002.

14. CBERS-2 CCD. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2007. imagem de satélite. Bandas 2, 3, 4 e composição colorida B2-R3-G4. Escala 1:100.000.
15. CORRÊA, R. S. *Recuperação de áreas degradadas pela mineração no Cerrado: manual para revegetação*. Brasília: Universa, 2005. 186 p.
16. CRÓSTA, A. P. *Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto*. Campinas: IG/Unicamp, 1992. 170 p.
17. CRUZ, L. B. S. *Diagnóstico ambiental da bacia hidrográfica do rio Uberaba-MG*. 2003. 182 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.
18. EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do Triângulo Mineiro*. Belo Horizonte: EPAMIG, 1982. 526 p. (Boletim de Pesquisa, 1).
19. EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Zoneamento das áreas em processo de degradação ambiental no trópico semi-árido do Brasil*. Brasília, 1994. não paginado.
20. EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Atlas do meio ambiente*. Brasília: Terra Viva, 1996. 160 p.
21. EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos: 3a. aproximação*. Rio de Janeiro, 1988. 105 p.

22. EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Rio de Janeiro, 1999. 412 p.
23. EMBRAPA/EPAMIG. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. *Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do Triângulo Mineiro*. Rio de Janeiro: EPAMIG – DRNR, 1982. 526 p. (Boletim de Pesquisa, 1).
24. FEOLI, E.; VUERICH, L. G.; ZERIHUN, W. *Evaluation of environmental degradation in northern Ethiopia using GIS to integrate vegetation, geomorphological, erosion and socio-economic factors*. Philadelphia: *ELSEVIER*, 2002. 91, p. 313–325.
25. FERNANDES, E. A.; CUNHA, N. R. S.; SILVA, R. G. da. Degradação ambiental no Estado de Minas Gerais. *RER*, Rio de Janeiro, v. 43, n. 1, p. 179-198, 2005.
26. FERREIRA, D. G.; RODRIGUES, V.; MELO, H. P.; RODRIGUES NETO, F. R.; NASCIMENTO, P. J. S. do. *Avaliação do quadro da desertificação no Nordeste do Brasil: diagnósticos e perspectivas*. Teresina: UFPI/Núcleo DESERT, 1994. 22 p.
27. FLORENZANO, T. G. *Imagens de satélite para estudos ambientais*. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 97 p.
28. GALETI, P. A. *Conservação do solo – reflorestamento - clima*. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1982. 286 p.
29. GALETI, P. A. *Práticas de controle à erosão*. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1987.

30. GARCIA, G. J. *Sensoriamento remoto: princípios e interpretação de imagens*. São Paulo: Nobel, 1982. 357 p.
31. GOMES, I. A. ; PALMIERI, F. ; BARUQUI, A. M. ; MOTA, P. E. F. ; NAIME, U. J. ; SANTANA, D. P. ; MOTHCI, E. P. ; FREITAS, F. G. ; BARUQUI, F. M. ; SANTOS, H. G. ; PORTER, R. O. *Levantamento de reconhecimento de média intensidade e aptidão agrícola dos solos do Triângulo Mineiro*. Rio de Janeiro, 1982. p 14 – 42.
32. GRAVINA, E.G.; KAFINO, C.V.; BROD, J.A.; BOAVENTURA, G.R.; SANTOS, R.V., GUIMARÃES, E.M.; JOST, H. Proveniência de arenitos das formações Uberaba e Marília (Grupo Bauru) e do garimpo do Bandeira: implicações para a controvérsia sobre a fonte do diamante do Triângulo Mineiro. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 32.p, n. 4, p. 545-558, 2002.
33. IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis. *Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: técnicas de vegetação*. Brasília, 1990.
34. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Perfil dos municípios brasileiros*. Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/perfilmunic/meio_ambiente_2002/meio_ambiente2002.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2007.
35. IEF. Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais. *Mapa de cobertura vegetal e uso do solo*. Folha Uberaba, Esc. 1:100.000. Uberaba, 1994.
36. INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. *Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais - DSA*. São José dos Campos, 2008. Disponível em: <<http://satelite.cptec.inpe.br/ndvi/>>. Acesso em: 25 jan. 2008.

37. ITDG. Intermediate Technology Development Group. *Propuesta metodológica para el analisis de vulnerabilidad en la region San Martín, Peru*. Lima, 1994. não paginado.
38. KAZMIERCZAK, M. L.; SEABRA, F. B. Índice de susceptibilidade de degradação ambiental (ISDA) em áreas do cerrado paulista. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8., 2007, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2007. p. 2745-2752.
39. LEPSCH, I. F.; BELLINAZZI JUNIOR, R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C. R. *Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso*. Campinas: R. Vieira Gráfica e Editora Ltda, 1991. 175 p.
40. LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W. *Remote sensing and image interpretation*. 3. ed., New York: John Wiley & Sons, 1994. 750 p.
41. MATALLO JUNIOR, H. *Indicadores de desertificação: histórico e perspectivas*. Brasília: UNESCO, 2001. 125 p.
42. MENDES, B. V. Desertificação do semi-árido. In: SEMINÁRIO SOBRE DESERTIFICAÇÃO NO NORDESTE, 1986, Recife. *Anais...* Brasília, SEMA, 1986. p. 111-115.
43. MOREIRA, M. S. *Estratégia e implantação do sistema de gestão ambiental (modelo ISO 14000)*. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2001. 288 p.
44. MOREIRA, M. A. *Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação*. 3. ed. Viçosa-MG: Editora UFV, 2005. 314 p.
45. NASA. National Aeronautics and Space Administration. *GeoCover*. Disponível em: <<https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/>>. Acesso em: 10 set. 2008.

46. NISHIYAMA, L. *Procedimentos de mapeamento geotécnico como base para análises e avaliações ambientais do meio físico, em escala 1:100.000: aplicação no município de Uberlândia - MG.*, 1998. Tese (Doutorado em Geotecnia) – Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 1998.
47. OLIVEIRA, M. S. M. de. *Rio Uberaba: quando os desgastes ambientais refletem os desgastes sociais.* 2005. 173 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2005.
48. OLIVEIRA, E. C.; SANTOS, A. R; CANDEIRO, C. R. Localidades fossilíferas do cretáceo superior da região do Triângulo Mineiro (Estado de Minas Gerais, Brasil). *Revista Sociedade e Natureza*, Uberlândia, v.18, n. 35, p.151-167, 2006. Disponível em:< <http://www.sociedadnatureza.ig.ufu.br/viewarticle.php?id=117>> . Acesso em: 20 dez. 2007.
49. OSAKI, F. *Microbacias: práticas de conservação do solo.* Curitiba: Agris, 1994. 603 p.
50. PERNAMBUCO. Secretaria da Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente. *Política estadual de controle da desertificação.* Recife, 1999. 34 p.
51. PRUSKI, F. F. *Conservação de solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica.* Viçosa-MG: Editora UFV, 2006. 240 p.
52. UBERABA. Conselho Estadual de Recursos Hídricos. *Relatório: documentação da proposta de criação do CBH-Rio Uberaba.* Belo Horizonte, 2001.
53. ROCHA, J. S. M. da.; KURTZ, S. M. J. M. *Manejo integrado de bacias hidrográficas.* 4. ed. Santa Maria: Edições UFSM CCR/UFSM, 2001. 302 p.

54. RODRIGUES, M. Introdução ao geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 1., 1990, São Paulo. *Anais...* p. 1-26.
55. ROSA, R. *Introdução ao sensoriamento remoto*. 2. ed. Uberlândia: EDUFU, 1992. 110 p.
56. SÁ, I. B.; SÁ, I. I. S.; SILVA, A. S. Desertificação na região de Cabrobó-PE: a realidade vista do espaço. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO, 3., 2006, Aracaju. *Anais...*Aracaju: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2006. Disponível em: <http://www.cpatc.embrapa.br/labgeo/srgsr3/artigos_pdf/038_t.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2008.
57. SÁNCHEZ, L. H. *Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos*. São Paulo: Oficina de Textos, 2006. 495 p.
58. SANTOS, E. T. *Caracterização ambiental da alta bacia do rio Aquidauana-MS e identificação dos impactos do uso do solo na qualidade dos recursos hídricos*. 2000. 132 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.
59. SCHWARZBOLD, A. et al. Eutrofização, biodiversidade e recuperação de ambientes degradados. Programa brasileiro para a conservação e manejo de águas interiores: Síntese das Discussões. *Acta Limnológica Brasiliensia*, Belo Horizonte, v. 5, n. 2, p. 211-222, 1994.
60. SERGIPE. Administração Estadual do Meio Ambiente-ADEMA. *Identificação dos núcleos de desertificação*. Aracaju, 1981. não paginado.
61. SILVA, A. B. *Sistemas de informações georreferenciadas: conceitos e fundamentos*. Campinas: Editora da Unicamp, 1999. 236 p.

62. SILVA, J. X. da. *Geoprocessamento para análise ambiental*. Rio de Janeiro: J. Xavier da Silva, 2001. 228 p.
63. SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. de. *Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas*. São Carlos: RIMA, 2003. 140 p.
64. SINAY, M. F.; LIMA JÚNIOR, P. C. R. SIG como ferramenta na avaliação qualitativa de impactos ambientais decorrentes de projetos relativos a sistemas de transporte público. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE DEFESA DO MEIO AMBIENTE, 5., 1998, Rio de Janeiro. *Anais...*Rio de Janeiro: Editora do Clube de Engenharia, 1998.
65. TAU-K-TORNISIELO, S. M.; GOBBI, N.; FOWLER, H. G. *Análise ambiental: uma visão multidisciplinar*. 2. ed. São Paulo: Editora UNESP, 1996. 206 p.
66. TEIXEIRA, A. L. A.; MORETTI, E.; CHRISTOFOLETTI, A. *Introdução aos sistemas de informação geográfica*. Rio Claro, Ed. do Autor, 1992. 80 p.
67. TOMINAGA, L. K.; PEJON, J. O.; BASTOS, A. C. Diagnóstico preliminar da cartografia geotécnica e geoambiental no Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E GEOAMBIENTAL, 5., 2004, São Carlos. *Anais...*São Carlos: Instituto Brasileiro de Geografia e estatística, 2006. Disponível em: <http://www.cpatc.embrapa.br/labgeo/srgsr3/artigos_pdf/038_t.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2008.
68. TORRES, J. L. R.; BARRETO, A. C.; PAULA, J. C. de. Capacidade de uso das terras como subsídio para o planejamento da microbacia do córrego Lanhoso, em Uberaba (MG). *Caminhos de Geografia*, Uberlândia, v. 8, n. 24, p. 22 – 32, 2007.
69. UBERABA. *Uberaba em dados*: desenvolvido pela Prefeitura Municipal de Uberaba. Disponível em: <<http://www.uberaba.mg.gov.br/>>. Acesso em: 05 abr. 2008.

70. VALLE JUNIOR, R. F. do. *Diagnóstico de áreas de risco de erosão e conflito de uso dos solos na bacia do rio Uberaba*. 2008. 222 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2008.
71. VASCONCELOS SOBRINHO, J. de. *Metodologia para identificação de processos de desertificação: manual de indicadores*. Recife: SUDENE-DDL, 1978. 22 p.
72. VENEZIANI, P.; ANJOS, C. E. dos. *Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento remoto e aplicações em geologia*. São José dos Campos: INPE, 1982. 54 p.

APÊNDICE

