



UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa
Mestrado em Ciências Ambientais e Saúde



MESTRADO EM CIÊNCIAS
AMBIENTAIS E SAÚDE

Suscetibilidade à erosão laminar na área do reservatório da usina hidrelétrica de Cana Brava - Minaçu – Goiás: impactos ambientais e saúde

Gabriel Tenaglia Carneiro

Goiânia – Goiás
Junho de 2007



UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa
Mestrado em Ciências Ambientais e Saúde



MESTRADO EM CIÊNCIAS
AMBIENTAIS E SAÚDE

Suscetibilidade à erosão laminar na área do reservatório da usina hidrelétrica de Cana Brava – Minaçu – Goiás: impactos ambientais e saúde

Gabriel Tenaglia Carneiro

Prof. Dr. Julio Cezar Rubin de Rubin
(Orientador)

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Saúde, da Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa da Universidade Católica de Goiás, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais e Saúde.

Goiânia – Goiás
Junho de 2007

C289s Carneiro, Gabriel Tenaglia.

Suscetibilidade à erosão laminar na área do reservatório da usina hidrelétrica de Cana Brava – Minaçu – Goiás : impactos ambientais e saúde / Gabriel Tenaglia Carneiro. – 2007.

59 f. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Católica de Goiás, Mestrado em Ciências Ambientais e Saúde, 2007.

“Orientador: Prof. Dr. Julio Cezar Rubin de Rubin”.

1. Erosão laminar - solo – Usina Hidrelétrica de Cana Brava – Minaçu (GO). 2. Impacto ambiental – erosão laminar. 3. Meio ambiente. 4. Usina hidrelétrica de Cana Brava – impacto ambiental – Minaçu (GO). I. Título.

CDU: 631.459:504.03(817.3Minaçu)(043)

Dedico este trabalho a minha avó Domitilia e minha mamãe Ivonete que sempre me apoiaram nos estudos e sempre estiveram presentes nos momentos de vitórias e derrotas da minha vida.

*A terra atrai irresistivelmente o homem,
arrebata-o na própria correnteza dos rios que, do
Iguaçu ao Tietê, traçando originalíssima rede
hidrográfica, correm da costa para os sertões, como se
nascessem nos mares e canalizassem as suas energias
eternas para os recessos das matas opulentas.*

“A terra”, Os Sertões, Euclides da Cunha.

Agradecimentos

Quero agradecer primeiramente ao meu senhor Jesus Cristo pela oportunidade de estar concluindo o mestrado. Às minhas irmãs Dayane e Camyla pelo apoio, aos meus parentes, em especial minha tia Creuza e sua família, que sempre me acolheram com carinho.

A todos os meus amigos, em especial o Leonardo que sempre esteve pronto para me auxiliar na dissertação. Aos técnicos Marcelo e Kênia, que me auxiliaram na confecção dos mapas. Aos professores e funcionários do mestrado, que sempre me auxiliaram no desenvolvimento da dissertação.

Ao meu professor, orientador e amigo Dr. Julio Cezar Rubin de Rubin, e a professora Dra. Rosicler, que sempre me apoiaram e mesmo sabendo das minhas limitações acreditaram no meu potencial, ao professor Cabral, da UFG de Jataí, que me ajudou muito com materiais para a montagem da dissertação.

Gostaria de agradecer também aos estagiários do laboratório de meio ambiente do IGPA que, com muita paciência e amizade, me apoiaram na realização deste trabalho.

E, por último, mais não menos importante, minha namorada Nayanna, que sempre esteve do meu lado nos momentos bons e ruins, dando-me força e acreditando no meu trabalho, um muito obrigado.

RESUMO

A área de pesquisa dessa dissertação é representada pela área de influência indireta do reservatório da Usina Hidrelétrica de Cana Brava que apresenta 1.970,807 Km², localizada nos municípios de Minaçu e Cavalcante no Estado de Goiás. O objetivo da pesquisa é estabelecer a suscetibilidade à erosão laminar na área da UHE Cana Brava, e correlacionar com impactos ambientais e saúde pública.

Para a realização da pesquisa foi realizado um recorte da área de influência indireta do reservatório, para o qual foram estabelecidas 6 (seis) categorias para a confecção do mapa de suscetibilidade baseadas no trabalho de CREPANI *et al.*, (2000).

O mapa de suscetibilidade da área de influência indireta foi gerado com o cruzamento dos mapas de geologia, geomorfologia, solos e uso do solo, e com o auxílio do mapa de declividade da área, utilizando-se o sistema de informações geográficas (SIG's) e dos programas SPRING 4.2 e seus softwares complementares (Scarta e Iplot).

Constatamos que de acordo com o mapa de declividade 35,2% da área apresenta necessidade de medidas de conservação caso o solo venha a ser utilizado em desacordo com sua aptidão, e que cerca de 47,71% da área apresenta suscetibilidade à erosão laminar, necessitando de um rígido controle quanto a sua utilização. Cabe ressaltar que há na área de influência indireta uma área de preservação ambiental, e que a região não é um pólo agropecuário importante no estado de Goiás. Os resultados obtidos destacam a importância de projetos visando o desenvolvimento sustentável para a área, tornando-se fundamental para sua preservação.

Palavras Chaves: Ciências Ambientais e Saúde, Indicadores de Qualidade Ambiental, Planejamento Ambiental.

ABSTRACT

The research area of this dissertation is represented by the area of indirect influence of Cana Brava Power Plant reservoir that presents which extends itself for 1,970, 807 Km². It is located between the cities of in the cities of Minaçu and Cavalcante in the State of Goiás. The aim of such research is to establish the susceptibility to laminate erosion in the area from Cana Brava UHE, and correlated it along to environmental impacts and public health.

For the accomplishment of the research, it was made a detached cut in the area of indirect influence from the reservoir, for which we have established 6 (six) categories for the confection of the susceptibility map based work CREPANI *et al.*, (2000).

The susceptibility map from the indirect influence area was generated with the intersection of the geology, geomorphology, soil, and soil use charts, and with the I assist from declivity chart of the area, by using geographic information system (SIG's) and the SPRING 4.2 programs and their software complementary (Scarta and Iplot).

We find that according to the declivity charts 35,2% of the area presents needs to preservation actions case the soil should be used in disagreement to ability, and around 47,71% of the area presents susceptibility to laminate erosion needing to a rigid controls according to its use. It's important to underline that there is in the indirect influence area an area of environmental conservation, and that the region is not an important centre of cattle breeding in Goiás. The results obtained stands out from the importance of projects aiming the sustainable development to the area, turning it fundamental to it preservation

Words Keys: Environmental Science and Health, Quality Indicators, Environmental Planning.

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	01
2 – FUNDAMENTAÇÕES TEÓRICAS	03
2.1 – Tipos de erosão	04
2.1.1 – Erosão laminar.....	04
2.1.2 – Erosão linear	04
2.2 – Feições erosivas originadas por fluxo linear	04
2.2.1 – Sulcos	05
2.2.2 – Calhas	05
2.2.3 – Ravinas	05
2.2.3 – Boçorocas.....	05
2.3 – Fatores condicionantes dos processos erosivos	08
2.3.1 – Clima.....	08
2.3.2 – Solo.....	08
2.3.3 – Topografia	08
2.3.4 - Cobertura vegetal.....	08
2.3.5 - Ação antrópica.....	09
2.4 – Perda de solo	10
2.5 – Suscetibilidade	11
2.6 – Assoreamento de reservatório	12
2.7 –Saúde pública	16
2.8 – Planejamento.....	17
3 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	19
3.1 – Localização	19
3.2 – Geologia	21
3.3 – Geomorfologia.....	21
3.4 – Solos	22
3.5 – Uso do solo.....	23
3.6 – Vegetação.....	23
3.7 – Clima.....	25

4 – METODOLOGIA.....	26
4-1 – Materiais	26
4-2 – Métodos	26
5 – RESULTADOS OBTIDOS.....	31
6 – CONCLUSÃO.....	51
7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
8 – ANEXOS	60

Lista de Figuras

Figura 1 – Perda de solo <i>versus</i> uso. Fonte: LEPSCH (1997)	11
Figura 2 – Esquema de formação de depósitos de sedimentos nos reservatórios, com indicação dos principais problemas decorrentes (CARVALHO, 1994).....	15
Figura 3 – Mapa de localização.....	19
Figura 4 – Mapa de área de abrangência da pesquisa correspondendo a área de influência indireta. Fonte CREPANI <i>et al</i> 2000.....	20
Figura 5 – Fluxograma de atividades	27
Figura 6 – Mapa de geologia fonte modificado de CREPANI <i>et al</i> 2000.....	32
Figura 7 – Mapa de geomorfologia escala 1:250.000 Fonte CREPANI <i>et al</i> 2000 ...	35
Figura 8 – Mapa de solos escala 1:250.000 Fonte CREPANI <i>et al</i> 2000	38
Figura 9 – Mapa de uso do solo escala 1:250.000 CREPANI <i>et al</i> 2000	41
Figura 10 – Mapa de vulnerabilidade escala 1:250.000 Fonte CREPANI <i>et al</i> 2000	44
Figura 11 – Mapa de declividade escala 1:250.000	46.
Figura 12 – Mapa geologia, escala 1:250.000 Categoria 1. Fonte CREPANI <i>et al</i> 2000	Anexo
Figura 13 – Mapa geologia, escala 1:250.000 Categoria 2. Fonte CREPANI <i>et al</i> 2000	Anexo

Figura 14 – Mapa geologia, escala 1:250.000 Categoria 3.	
Fonte CREPANI <i>et al</i> 2000	Anexo
Figura 14 – Mapa geologia, escala 1:250.000 Categoria 4.	
Fonte CREPANI <i>et al</i> 2000	Anexo
Figura 16 – Mapa geologia, escala 1:250.000 Categoria 5.	
Fonte CREPANI <i>et al</i> 2000	Anexo
Figura 17 – Mapa geologia, escala 1:250.000 Categoria 6.	
Fonte CREPANI <i>et al</i> 2000	Anexo
Figura 18 – Mapa de geomorfologia, escala 1:250.000 Categoria 1.	
Fonte CREPANI <i>et al</i> 2000	Anexo
Figura 19 – Mapa de geomorfologia, escala 1:250.000 Categoria 2.	
Fonte CREPANI <i>et al</i> 2000	Anexo
Figura 20 – Mapa de geomorfologia, escala 1:250.000 Categoria 3.	
Fonte CREPANI <i>et al</i> 2000	Anexo
Figura 21 – Mapa de geomorfologia, escala 1:250.000 Categoria 4.	
Fonte CREPANI <i>et al</i> 2000	Anexo
Figura 22 – Mapa de geomorfologia, escala 1:250.000 Categoria 5.	
CREPANI <i>et al</i> 2000	Anexo
Figura 23 – Mapa de geomorfologia, escala 1:250.000 Categoria 6.	
CREPANI <i>et al</i> 2000	Anexo
Figura 24 – Mapa de solos, escala 1:250.000 Categoria 1.	
Fonte CREPANI <i>et al</i> 2000	Anexo
Figura 25 – Mapa de solos, escala 1:250.000 Categoria 2.	
Fonte CREPANI <i>et al</i> 2000	Anexo
Figura 26 – Mapa de solos, escala 1:250.000 Categoria 3. Fonte	
CREPANI <i>et al</i> 2000	Anexo
Figura 27 – Mapa de solos, escala 1:250.000 Categoria 4.	
Fonte CREPANI <i>et al</i> 2000	Anexo

Figura 28 – Mapa de solos, escala 1:250.000 Categoria 5.	
Fonte CREPANI <i>et al</i> 2000	Anexo
Figura 29 – Mapa de solos, escala 1:250.000 Categoria 6.	
Fonte CREPANI <i>et al</i> 2000	Anexo
Figura 30 – Mapa de uso do solo, escala 1:250.000 Categoria 1.	
Fonte CREPANI <i>et al</i> 2000	Anexo
Figura 31 – Mapa de uso do solo, escala 1:250.000 Categoria 2.	
Fonte CREPANI <i>et al</i> 2000	Anexo
Figura 32 – Mapa de uso do solo, escala 1:250.000 Categoria 3.	
Fonte CREPANI <i>et al</i> 2000	Anexo
Figura 33 – Mapa de uso do solo, escala 1:250.000 Categoria 4.	
Fonte CREPANI <i>et al</i> 2000	Anexo
Figura 34 – Mapa de uso do solo, escala 1:250.000 Categoria 5.	
Fonte CREPANI <i>et al</i> 2000	Anexo
Figura 35 – Mapa de uso do solo, escala 1:250.000 Categoria 6.	
Fonte CREPANI <i>et al</i> 2000	Anexo

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Classificação de erosões, segundo os modelos de escoamento e os mecanismos de erosão pluvial, visando à caracterização da produção de sedimentos.....	07
Tabela 2 – Perdas de solo por tipos de cultivo	10
Tabela 3 – Relações de comum ocorrência no Brasil entre abrangência territorial e escalas adotadas em planejamento	18
Tabela 4 – Distribuição das unidades geológicas na área	31
Tabela 5 - Relação das unidades geológicas com as categorias. (Mapas das categorias em anexo. Figuras 12 ao 17).....	33
Tabela 6 – Distribuição das categorias geomorfológicas na área.....	34
Tabela 7 – Relação das unidades geomorfológicas com as categorias. (Mapas das categorias em anexo. Figuras 18 ao 23)	36
Tabela 8 – Distribuição das categorias do solo na área	37
Tabela 9 – Relação dos tipos de Solos com as categorias. (Mapa das categorias em anexo. Figuras 24 ao 29)	39
Tabela 10 – Distribuição das categorias do uso do solo na área	40
Tabela 11 – Relação do uso do solo com as categorias.(Mapas das categorias em anexo. Figuras 30 ao 35).	42
Tabela 12 – Distribuição das categorias de vulnerabilidade em relação à área e porcentagem	43
Tabela 13 - Dados das declividades em área e porcentagem	45

Lista de Siglas

AID – Área de influência direta

AII – Área de influência indireta

BQA - Estrutura braquianticlinal

ED – Estrutura dobrada

FCE - Forte controle estrutural

HB- Hogbacks

IGPA – Instituto Goiano de Pré-História e Antropologia

IP - Intrusivo plutônico

IPT – Instituto de Pesquisa Tecnológica

MC - Relevo de morros e colinas

PCH – Pequena Usina Hidrelétrica

SRAIVA - Superfície regional de aplainamento IVA com cotas entre 400 e 550 m

SRAI - Superfície regional de aplainamento I com cotas entre 1100 e 1600

UFG – Universidade Federal de Goiás

UFSCAR – Universidade Federal de São Carlos - SP

UHE – Usina Hidrelétrica

UNESP – Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”

UNB – Universidade de Brasília

UNICAMP – Universidade de Campinas

USP – Universidade de São Paulo

ZER - Zona de Erosão Recuante

1 – INTRODUÇÃO

A caracterização dos problemas resultantes dos processos erosivos constitui uma importante ferramenta para a análise da viabilidade e das conseqüências da instalação de empreendimentos, como usinas hidrelétricas que afetam o equilíbrio dos ecossistemas. As erosões dos solos constituem um dos seus aspectos mais importantes pois, além de afetar a cobertura vegetal, podem contribuir para o assoreamento dos rios, devido à quantidade de material levado para o leito, interferindo na vida útil do reservatório (CARVALHO, 2000).

Segundo BUFON (2002), os problemas relacionados à sedimentação em construções hidráulicas vêm sendo arquivadas desde o ano de 2000 A.C, na China, Egito e Mesopotâmia. Entretanto, a passagem de conhecimentos científicos do Egito e da Mesopotâmia para os países Europeus se deu apenas no ano 1000 da era Cristã (CARVALHO, 1994).

O aproveitamento dos rios de forma racional ocorreu somente com os Otomanos, no século XV, através de obras como pontes e edificações para contenção de enchentes. Apesar do conhecimento científico adquirido, muito se perdeu devido às guerras e combates, porém novas experiências surgiram durante o Renascimento na Itália, apresentando grandes avanços científicos (CARVALHO, 1994).

Mesmo com o avanço científico, os resultados quantitativos só foram obtidos em pesquisas realizadas por Gorsse & Subours, entre 1808 e 1809, no rio Ródano, na região dos Arles, França. Além da China, Egito e Mesopotâmia, outros países desenvolveram estudos de caráter sedimentométrico, como Alemanha, Estados Unidos, Iraque, Finlândia, Índia e Afeganistão (CARVALHO, 1994).

Na América do Sul, o primeiro trabalho registrado foi no rio Neuquem, na Argentina, entre os anos de 1915 e 1918. No Brasil, o primeiro trabalho científico de sedimentometria registrado foi no rio Camaquã/RS e teve como finalidade a previsão de assoreamento no cálculo de vida útil do reservatório da Barragem do Paredão (NEBRICK, 1960 *apud* CARVALHO, 1994).

Nesse contexto, a relação do meio ambiente com os reservatórios aparece como uma consequência natural, uma vez que a degradação ambiental implica diretamente a qualidade de vida da fauna, da flora e dos seres humanos que residem próximos aos reservatórios. Com vistas a contribuir para a discussão dessas questões, abordando uma situação concreta, o objetivo principal desta dissertação é o estabelecimento de áreas susceptíveis à erosão laminar, passíveis de levar ao comprometimento do reservatório da Usina Hidrelétrica de Cana Brava - GO e, conseqüentemente, a problemas ambientais e de saúde.

2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo serão abordados conteúdos importantes para o entendimento da pesquisa, como os processos erosivos, os fatores condicionantes, as perdas de solos, as suscetibilidades aos processos erosivos e o planejamento ambiental.

A bibliografia nacional e estrangeira é rica em trabalhos referentes a processos erosivos. Na literatura nacional, destacam-se os trabalhos do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) do Governo do Estado de São Paulo, além de diversos pesquisadores e instituições de ensino que, em seus cursos de pós-graduação, abordam o tema, principalmente a UNESP, a USP, a UNB, a UFSCAR, e a UNICAMP. O trabalho do IPT (1990) é referência no assunto, abordando desde conceitos básicos até orientações para o controle de boçorocas urbanas.

O relativo equilíbrio que ocorre na superfície da terra resulta da relação entre formação do solo e erosão. Neste equilíbrio, a erosão é considerada normal. Quando há o rompimento do equilíbrio, os processos de erosão se intensificam, sendo denominados, então, de erosão acelerada, levando ao desenvolvimento de feições erosivas como sulcos, calhas, ravinas, boçorocas e acarretando, principalmente, significativa perda de solos e assoreamento dos cursos d'água. Quando a erosão acelerada está diretamente relacionada com atividades humanas, denomina-se erosão antrópica (IPT, 1990).

Na erosão antrópica, o homem interfere nos fatores relacionados à erosão natural, acelerando o processo, muitas vezes impedindo a recuperação natural da área impactada e causando enormes prejuízos financeiros.

Para ELLLISON (1974, *apud* LIMA, 1999), quatro sub-processos são responsáveis pelo processo erosivo: “destacamento de solo pelo impacto da gota de chuva, transporte das partículas pela gota de chuva, destacamento de solo pelo fluxo superficial e transporte pelo fluxo superficial”, podendo resultar em erosão laminar e erosão linear.

2.1 – Tipos de erosão

A definição de erosão aqui adotada é a de ALMEIDA FILHO (2001, p.5) que a define como “o processo de desagregação e remoção de partículas do solo ou fragmentos de rocha, pela ação combinada da gravidade com a água, vento, gelo ou organismos”.

As erosões são classificadas segundo, ALMEIDA FILHO (2001), em dois tipos principais conforme suas características e processos associados: erosão laminar e erosão linear

2.1.1 – Erosão laminar

Também conhecida como erosão em lençol, caracteriza-se por um fluxo superficial não concentrado, que retira finas camadas de solo uniformemente (LIMA, 1999), quase imperceptíveis, porém “evidenciadas por tonalidades mais claras dos solos” (ALMEIDA FILHO, 2001, p/6).

2.1.2 – Erosão linear

Origina-se do escoamento superficial concentrado, favorecido pela ação da erosão laminar, que retira os sedimentos mais finos, expondo ainda mais os sedimentos grossos, fato que favorece a formação de uma superfície irregular. Esta irregularidade, associada à chuva e declividade do terreno, favorece a formação de fluxo concentrado (LIMA, 1999). Em alguns casos, pode haver uma combinação entre escoamento superficial e subsuperficial (OLIVEIRA, 1994).

SANTOS (1997, p/5) ressalta a relação direta entre fluxo superficial e capacidade de infiltração da água no solo, afirmando que esta capacidade tende a diminuir com a continuação da chuva, estando também diretamente relacionada “à intensidade do evento chuvoso, à proximidade da superfície freática, ao grau de compactação e à porosidade do solo, além da vegetação e da topografia”.

2.2 – Feições erosivas originadas por fluxo linear

A tipologia de feições erosivas utilizadas neste trabalho baseia-se em OLIVEIRA (1994), sendo também apresentadas algumas características complementares com base em ALMEIDA FILHO (2001).

2.2.1 – Sulcos

Os sulcos estão comumente associados às trilhas de gado e às áreas onde o solo está exposto, podendo ser combatidos através de métodos simples de conservação de solos, como por exemplo o impedimento do pisoteio do gado.

2.2.2 – Calhas

As calhas costumam apresentar vegetação rasteira no seu interior, podendo ser combatidas também através de métodos simples de conservação de solos, através da manutenção de gramíneas no canal da erosão diminuindo o escoamento superficial.

2.2.3 – Ravinas

Não há índices que indiquem a passagem de erosão em sulco para erosão em ravina. Não pode ser combatida através de métodos simples de conservação de solos, podendo ocorrer pequenos movimentos de massa (deslizamentos) associados, acarretando o alargamento e o “avanço remontante” da erosão.

2.2.3 – Boçorocas

SANTOS (1997) ressalta o fato de que, nas boçorocas, ocorrem diversos processos que se alteram ou alternam com o tempo, podendo agir em conjunto ou não. LIMA (1999, p. 9) enfatiza que as boçorocas originam-se de diversas maneiras e salienta a definição básica para boçoroca, encontrada na literatura nacional e estrangeira, como “processos provenientes dos ravinamentos que atingiram o lençol freático, indicando que poderiam existir ravinas de dimensões superiores às da boçoroca”. No mesmo trabalho, a autora apresenta várias definições de boçorocas, entre as quais algumas que mencionam o afloramento do lençol freático (GUIDICINI & NIEBLE, 1984) e outras que o não mencionam (GUERRA, 1998; FERREIRA, 1988; DIAZ, 1992).

Segundo ALMEIDA FILHO (2001), as boçorocas formam-se pelo contínuo aprofundamento das ravinas, atingindo o lençol freático. O IPT (1990) relaciona boçorocas à “surgência da água subterrânea”. OLIVEIRA (1994) informa que as boçorocas ocorrem principalmente em locais onde as águas superficiais e subsuperficiais se encontram.

OLIVEIRA (1999 *apud* GUERRA *et al.*, 1999) menciona que o IPT define ravinas como canais resultantes do escoamento superficial e que as boçorocas são canais resultantes do afloramento do lençol freático. Para este autor, a melhor definição é aquela que considera o caráter dimensional da feição, sendo ravinas incisões com largura e profundidade inferiores a 0,50m e boçorocas incisões com largura e profundidade superiores a 0,50m. A Tabela 1 apresenta uma classificação para processos erosivos.

Um fenômeno associado às boçorocas comumente abordado na literatura é o *piping*, erosão tubular regressiva resultante da ação da água de subsuperfície que, ao retirar partículas do solo, cria vazios subterrâneos responsáveis por colapsos e subsidências no terreno (OLIVEIRA, 1994).

Tabela 1 – Classificação de erosões, segundo os modelos de escoamento e os mecanismos de erosão pluvial, visando à caracterização da produção de sedimentos.

Modelos de escoamento	Classes de erosão	Feições correspondentes	Dimensões (ordens de grandeza)	Bordas da feição	Mecanismos de erosão
Escoamento superficial difuso	Erosão laminar ou erosão entre sulcos				Desprendimento e transporte, partícula a partícula, na superfície do solo
Escoamento superficial concentrado	Erosão em sulcos	Feições erosivas de pequeno porte – sulcos	Largura = 10cm a 30cm Profundidade = 5cm a 15cm	Suaves, sem ruptura significativa da superfície do terreno	Desprendimento e transporte, partícula a partícula, na superfície do solo
Escoamento superficial concentrado	Erosão em calhas	Feições erosivas de pequeno porte – calhas	Largura = 1m a 10m Profundidade = 5cm a 30cm	Suaves, sem ruptura significativa da superfície do Terreno	Desprendimento e transporte, partícula a partícula, na superfície do solo
Escoamento superficial concentrado	Erosão em ravinas	Feições erosivas de grande porte – ravinas	Largura = superior a 1 m Profundidade = superior a 0,5cm	Abruptas, com ruptura instável da superfície do Terreno	Desprendimento e transporte, partícula a partícula, na superfície do solo – movimentos de massa
Escoamento subsuperficial concentrado	Erosão em boçorocas	Feições erosivas de grande porte – boçorocas	Largura = superior a 5 m Profundidade = superior a 2m	Abruptas, com ruptura instável da superfície do Terreno	Desprendimento e transporte, partícula a partícula, na superfície do solo – movimentos de massa – erosões subterrâneas

Fonte: (OLIVEIRA, 1994)

2.3 – Fatores condicionantes dos processos erosivos

Os processos erosivos são determinados por cinco fatores naturais que influenciam nas intensidades dos processos, de acordo com BELLINAZZI JÚNIOR *et al.*, (1981).

2.3.1 – Clima

Fator fundamental, pois controla os regimes pluviométricos que determinam a quantidade de chuva de uma região. Em Goiás não há uma distribuição homogênea das chuvas, sendo registradas duas estações bem definidas, com um verão chuvoso, no período de dezembro a março, e um inverno seco, no período de abril a novembro. Neste caso, o índice que expressa a capacidade da chuva provocar processos erosivos é denominado de erosividade, sendo este um fator importante para a quantificação da perda de solo (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1985).

2.3.2 – Solo

Uma das principais características do solo é a sua maior ou menor resistência aos processos erosivos oriundos do escoamento superficial da água. Denomina-se esta resistência de erodibilidade, fator natural que explica a capacidade do solo em ser erodido ou não de acordo com sua fragilidade ou resistência (ALMEIDA FILHO & RIDENTE JUNIOR, 2001). Essa resistência está baseada em características como textura, estrutura, porosidade e profundidade.

2.3.3 – Topografia

Declividade e comprimento da encostas são fatores naturais que explicam o condicionamento de perdas de solo (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990). Quanto maior for a rampa (comprimento da encosta ou vertente) maior será a velocidade do escoamento superficial pluvial e, conseqüentemente, maior o poder erosivo (KUROMSKI, 1962).

2.3.4 – Cobertura vegetal

É o fator natural mais importante, pois auxilia na defesa do solo contra a ação erosiva das chuvas. Quanto maior a cobertura vegetal, mais protegido estará o solo e, conseqüentemente, maior a dificuldade de desagregação das partículas deste solo. Este fator auxilia na proteção do impacto direto das gotas da chuva, na dispersão e quebra da energia do escoamento superficial pluvial, no aumento da infiltração pela produção de

poros no solo por raízes, e no aumento da capacidade de retenção de água por efeito da incorporação de matéria orgânica (ALMEIDA FILHO & RIDENTE JUNIOR, 2001).

2.3.5 – Ação antrópica

Segundo BIGARELLA & MAZUCHOWSKI (1985), a ação antrópica desordenada causa drásticas modificações a diversos ecossistemas, enfatizando a erosão como provocadora de alterações de vulto nas formas de relevos e nos modelados. As mais significativas consistem na remoção das formações superficiais, dando origem ao truncamento dos solos, nos sulcos, ravinhas e boçorocas, nas rupturas de declives, nos patamares de escorregamento nas encostas e nas pastagens de vertentes convexas para côncavas com nichos e lóbulos de movimento de massa

Esse fator é influenciado pela ação do homem no meio ambiente, iniciada pelo desmatamento, pelo cultivo de terra, implantação de estradas, criação e expansão das vilas e cidades, sobretudo quanto efetuadas de forma inadequada se tornam fator decisivo na aceleração dos processos erosivos (ALMEIDA FILHO & RIDENTE JUNIOR, 2001).

De acordo com a Global Assessment fo Soil Degradation (GLASOD) estima-se que 22% dos 8,7 bilhões de hectares de solo do mundo foram degradados, desde a segunda guerra mundial, e que uma degradação acelerada tem atingido de 5 a 10 milhões de hectares de terra por ano (KERR, 1998)

2.4 – Perda de solo

A perda de solo no Brasil ocorre de forma crescente visto que a ocupação desordenada sem um estudo sobre suas características constitui um fator fundamental para o aumento do número de processos erosivos.

Esse aumento provoca sérios danos à natureza, pois com a retirada da parte do solo, rica em nutrientes, o horizonte A, o solo se torna pobre em nutrientes e ruim para agricultura (MAFRA, 1999).

Essa camada de solo, uma vez retirada, é levada principalmente para os leitos dos rios e lagos, acarretando com isso o assoreamento. Essa perda de solo acelerada no país, em consequência da pressão que novos mercados nacionais e internacionais fazem aos agricultores para aumentar a produtividade, conseqüentemente novas áreas são afetadas, deixando para traz um sinal de degradação causado principalmente pela erosão (MAFRA, 1999).

Para caracterizar a erosão hídrica utiliza-se a Equação Universal de Perdas de Solos (EUPS) de WISCHIMEIER & SMITH (1962) que considera fatores como a erosividade, a erodibilidade, a topografia, a cobertura vegetal, uso e manejo do solo e as práticas de conservação.

$$A=R.K.LS.C.P$$

onde:

A = perda de solo (t/ha/ano)

R = erosividade (MJ.mm/ha.h.ano)

K = erodibilidade (t.h/MJ.mm)

LS = fator topográfico

C = uso e manejo do solo

P = práticas conservacionistas

Um fator importante que limita a perda de solo é a cobertura vegetal. Pesquisas realizadas no estado de São Paulo por MARQUES *et al.* (1961) e no estado de Goiás por CASSETI (1991), comprovaram que, mesmo com cobertura vegetal do tipo mata natural, há perda de solo e que diferentes formas de cultivo apresentam diferentes resultados desta perda Tabela 2 e Figura 1.

Tabela 2 – Perdas de Solo por Tipos de Cultivo.

USO DA TERRA	SÃO PAULO	GOIÁS
Mata Natural	0,04 ton / ha / ano	0,03 ton / ha / ano
Pastagem	0,40 ton / ha / ano	0,23 ton / ha / ano
Café	0,90 ton / ha / ano	-----
Algodão	26,60 ton / ha / ano	-----
Arroz	-----	51,65 ton / ha / ano

Fonte : (ROSS, 1996)

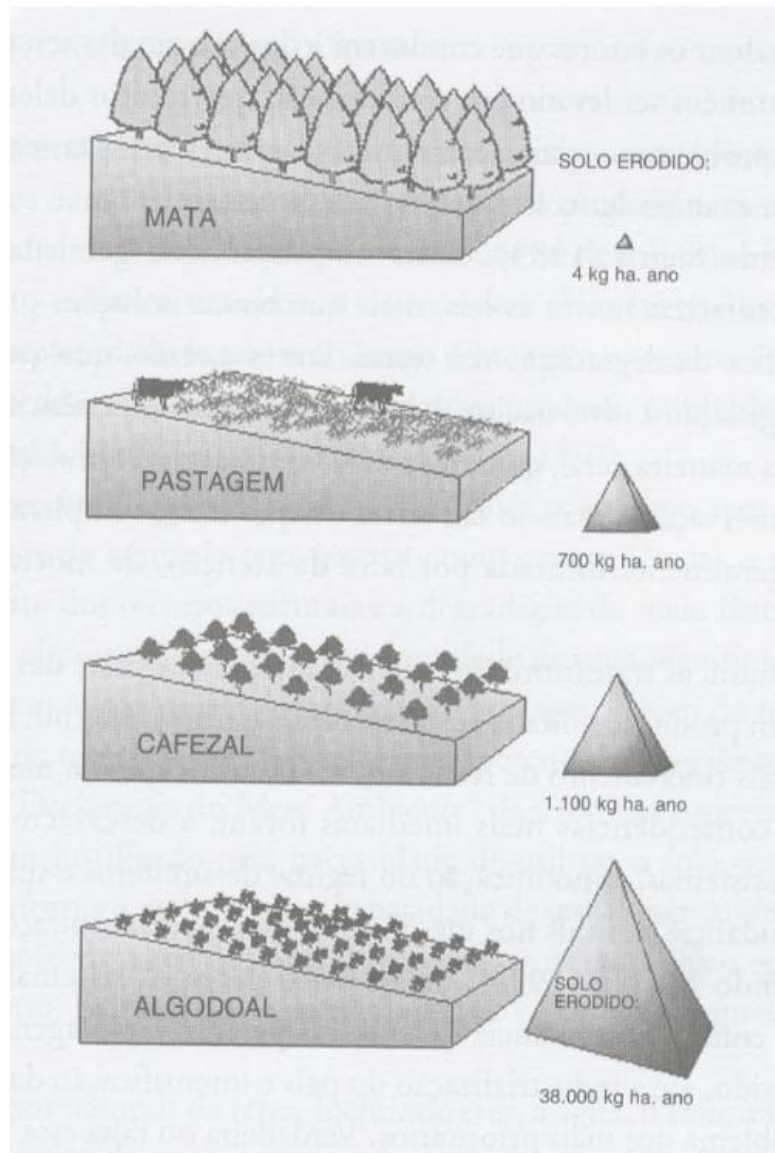


Figura 1 – Perda de solo de acordo com diferentes usos.
 Fonte: LEPSCH (1977). Desenho: VENTURA ULL.

2.5 – Suscetibilidade

Questões envolvendo suscetibilidade à erosão podem ser encontradas em diversas obras, destacando-se ARISTIZABAL & CORRÊA (1975), MENDES (1982), VIEIRA (1988), NAKAZAWA (1994) e RAMALHO FILHO & BEEK (1995). Estes trabalhos ressaltam o solo e as condições climáticas como fatores primordiais no estabelecimento das áreas de suscetibilidade (TRINDADE, 2001).

ZARONI & MENDONÇA (2000) mencionam que, na perspectiva ecológica e sócio-econômica, a suscetibilidade dos solos a erosões deve ser considerada na identificação da fragilidade dos ambientes, principalmente em trabalhos relacionados às ações antrópicas.

VIEIRA (1988), descreve que os fatores que determinam em menor ou maior grau a suscetibilidade à erosão, são fatores climatológicos, especialmente a intensidade das chuvas, que se unem a fatores como topografia, comprimento da encosta, compactação do solo e ausência de uma proteção na superfície do solo.

2.6 – Assoreamento de reservatórios

Nos dias atuais, o setor elétrico está diminuindo a ênfase nas grandes usinas hidrelétricas (UHE), devido ao alto custo do empreendimento e aos grandes impactos ambientais. Com isso a construção das pequenas usinas hidrelétricas (PCH), adquiriu muita força, visando à redução de custos e do impacto sobre o meio ambiente. É importante ressaltar que os comportamentos sedimentológicos, nas UHE e nas PCH são diferentes. Nos grandes reservatórios, a velocidade das correntes é menor, ocorrendo o depósito de areias, pedregulhos e parte da carga em suspensão, e o tempo de assoreamento é mais lento. Já nos pequenos reservatórios, o sedimento grosso permanece no reservatório e o sedimento em suspensão é escoado pelo vertedouro e condutos, e o assoreamento é mais acelerado, diminuindo o tempo de vida útil do reservatório (CARVALHO *et al.* 2000).

O transporte de sedimentos, através dos rios, provoca a diminuição da qualidade da água e, conseqüentemente, diminuição da aceitação desta água para diversos usos antrópicos. O problema dos sedimentos não se restringe à qualidade dos recursos hídricos, também há redução da capacidade de suporte dos rios, resultando no aumento das inundações em áreas ribeirinhas nos períodos de cheia. Outro grande problema advindo do depósito de sedimento refere-se ao assoreamento das nascentes dos rios que reduz a disponibilidade hídrica. Esta deposição nas nascentes, em canais de irrigação e drenagem, em hidrovias, em reservatórios reduz a produtividade econômica (FILIZOLA *et al.*, 2003).

Existem muitas formas de prevenir a acumulação de sedimentos, porém, no Brasil, estas ações raramente são abordadas nos projetos, sendo que as medidas de controle e recuperação só são utilizadas quando os depósitos já comprometeram o volume do reservatório. De acordo com SHEN & LAI (1996), o assoreamento de reservatório pode ser controlado e reduzido pelo controle de erosão da bacia e da retenção de sedimentos. A

remoção dos sedimentos por meios mecânicos e por meio da passagem do escoamento carregado de sedimentos através do reservatório e posterior liberação por descargas de fundo localizadas na barragem. O “Flushing” é outro método, através do qual o sedimento que está depositado no reservatório é removido pelo escoamento dos descarregadores de fundo. Este processo pode ser realizado com ou sem rebaixamento do nível da água do reservatório, porém a eficiência é diferente nos dois casos (CHELLA *et al.*, 2003).

Para CARVALHO & CUNHA (1998), a responsabilidade pelo aumento da degradação das bacias hidrográficas é resultado principalmente das atividades antrópicas. Os autores ressaltam problemas como o desmatamento e a expansão da utilização de terra pela agricultura e conseqüentemente aumento da exposição do solo, gerando um processo erosivo intenso, acelerando a perda de solo nas bacias hidrográficas (CONTE *et al.*, 2002)

Estudos sedimentológicos para avaliação do assoreamento de um reservatório necessitam tanto do conhecimento de descarga total afluente quanto da granulometria do material em suspensão e do leito. Isto é necessário tanto para estudos de pequenos reservatórios quanto para médios e grandes. Enquanto nos pequenos reservatórios o material fino vai com escoamento para a jusante, nos médios e grandes reservatórios partes dos sedimentos finos são depositadas. Já os materiais grossos, em todos os tipos de reservatórios, sejam pequenos, médios e grandes, são retidos e depositados. O conhecimento da descarga de material grosso (areias e pedregulhos) é importante para avaliação da quantidade de sedimentos depositados (ROCHA *et al.*, 2003).

O grande desafio do estudo da bacia hidrográfica é a compreensão da quota do assoreamento que advém dos processos naturais da erosão, e da que advém de contribuições urbanas. As pesquisas ainda não conseguiram avaliar separadamente as contribuições concentradas e difusas (ARAÚJO *et al.*, 2000).

No decorrer dos anos, observa-se que ocorre uma diminuição na quantidade e qualidade das águas nos rios e reservatórios, agindo diretamente na capacidade de geração de energia elétrica e abastecimento humano. As ações realizadas nas bacias hidrográficas formadoras dos reservatórios influenciam diretamente na qualidade da água e a vida útil daqueles (ARAÚJO *et al.*, 2000).

A retirada da camada fértil dos solos agrícolas e o aumento do volume de descarga de efluentes residenciais e industriais têm provocado um desequilíbrio nos rios e reservatórios naturais e artificiais, caracterizado pela disponibilidade excessiva de

nutrientes na coluna d'água e no sedimento. Este desequilíbrio, além de promover a redução da qualidade da água, auxilia na proliferação de plantas aquáticas (VELINI *et al.*, 2003).

A construção de barragens, com a finalidade de formação dos reservatórios, busca atender à geração de energia elétrica, irrigação, abastecimento de água, recreação, navegação, controle de cheias e poluição. No entanto, mesmo com todos estes benefícios, tais obras de engenharia alteram as condições naturais dos cursos d'água, provocando vários impactos como o desequilíbrio sedimentológico do curso d'água, afetado conforme demonstra a Figura 2 (MENDES, 2005).

O sedimento fino depositado nas margens, contendo muitos nutrientes, promove o desenvolvimento de plantas aquáticas e pode acelerar a consolidação dos depósitos de silte e argila. Já os sedimentos no delta, nas margens submersas e no leito, vão aumentando progressivamente, compactando e consolidando ao longo do reservatório, propiciando a redução da capacidade tanto do volume morto quanto do útil (MENDES, 2005).

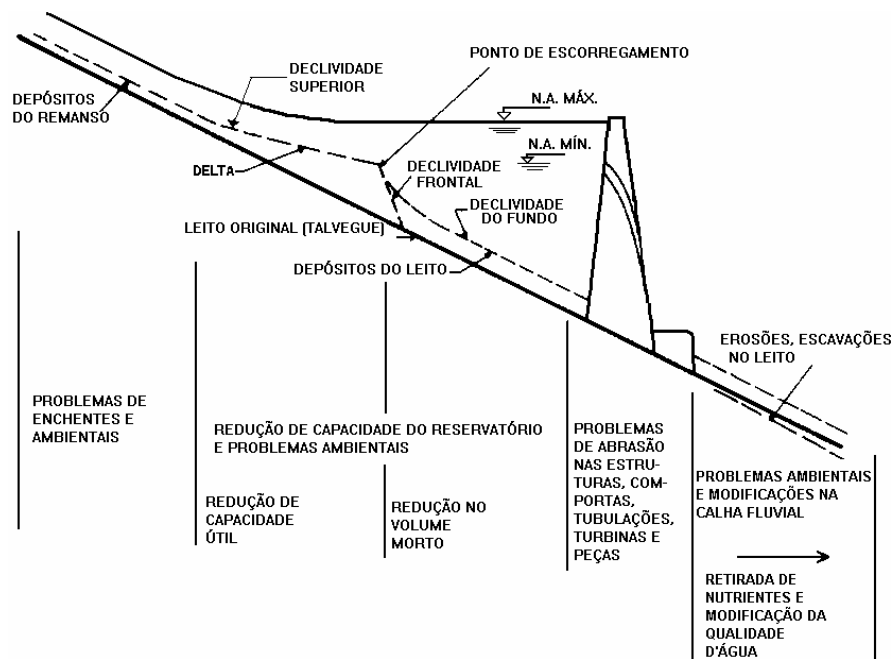


Figura 2 - Esquema de formação de depósitos de sedimentos nos reservatórios, com indicação dos principais problemas decorrentes
 Fonte: CARVALHO, 1994.

O adentramento do curso d'água no reservatório provoca o aumento das áreas de seções transversais e a diminuição da velocidade da corrente, propiciando ótimas condições para a deposição dos sedimentos. Esta redução possibilita que as partículas mais pesadas, como pedregulho e areia grossa, sejam depositadas, enquanto os mais leves adentram no reservatório. A barragem serve como filtro de sedimento para a jusante do reservatório, uma vez que os sedimentos de maiores dimensões ficam retidos no reservatório. À medida que o assoreamento aumenta, o reservatório diminui sua capacidade de armazenamento, aumentando a influência do remanso para montante. As velocidades no lago aumentam e maior quantidade de sedimento escoam para a jusante, reduzindo a eficiência de retenção das partículas (CARVALHO *et al.*, 2000).

Os reservatórios influenciam também na deposição tanto para montante como para jusante, não se distribuindo uniformemente mesmo dentro do lago. As deposições a montante são chamadas de depósitos do remanso, já as deposições dentro do reservatório são chamadas de Delta, Depósito de Margem e Depósito do Leito. O delta se forma com os sedimentos mais grossos, enquanto os depósitos do interior, com sedimentos mais finos (MAHMOOD, 1987).

As enchentes produzem diferentes tipos de deposição, que ocorrem ao longo do curso d'água e do reservatório, denominados Depósitos de Várzea ou Depósitos de Planície de Inundação. Estes depósitos provocam impactos e conseqüências diferentes, onde os depósitos de remanso promovem problemas de enchentes a montante, os depósitos de interior do lago diminuem a capacidade de armazenamento, causando a variação do nível d'água e a formação do delta (CARVALHO *et al.*, 2000).

O tipo delta diminui a capacidade útil do reservatório, já os depósitos do leito diminuem o volume morto. Com isso os sedimentos que chegam à barragem e atravessam os vertedouros e condutos, provocam desgastes nas estruturas, comportas, tubulações, turbinas e outras peças (CARVALHO *et al.*, 2000).

2.7 – Saúde pública

A saúde pública é definida como a ciência e a arte de evitar doenças, prolongar a vida e desenvolver as saúdes físicas, mentais e a eficiência, por meio de esforços organizados da comunidade, para o saneamento do meio ambiente, o controle de infecções na comunidade, a organização de serviços médicos e paramédicos, o diagnóstico precoce e o tratamento preventivo de doenças, bem como o aperfeiçoamento da máquina social que

irá assegurar a cada indivíduo, dentro da comunidade, um padrão de vida adequada à manutenção da saúde (ROUQUAYROL & ALMEIDA FILHO, 1999).

Com base na definição de saúde pública citada acima a eutrofização, presente nos reservatórios, prejudica a qualidade da vida da população, sendo definida como um:

“Processo pelo qual um corpo de água adquire uma alta concentração de nutrientes, especialmente fosfato e nitratos. Estes geralmente promovem crescimento excessivo de algas. À medida que as algas morrem e se decompõem, altos níveis de matéria orgânica e organismos em decomposição esgotam o oxigênio disponível na água, provocando a morte de outros organismos, como os peixes. A eutrofização é um processo natural, de envelhecimento lento, para o corpo de água, mas a atividade humana acelera muito este processo”.
(ART, 2001, p 220)

Esse processo ocorre pelo aumento de nutrientes no meio aquático, que promove uma rápida proliferação de algas que, conseqüentemente, aumenta o consumo de oxigênio e liberação de dióxido de carbono, gerando mudanças físicas, químicas e biológicas nas comunidades dos seres aquáticos.

2.8 – Planejamento

Atualmente muito se tem discutido sobre como aproveitar de forma racional os recursos provindos da natureza, criando com essa necessidade o termo sustentabilidade ou desenvolvimento sustentável (SOUZA, 2006). Com a necessidade de estabelecer responsabilidades e diretrizes para a avaliação de impactos ambientais o CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), por meio de uma Resolução nº 1, de 23 de Janeiro de 1986, considerou impacto ambiental:

“qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causando por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

I – A saúde, a segurança e o bem-estar da população;

II – As atividades sociais e econômicas;

III – A biota;

IV – As condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;

V – A qualidade dos recursos ambientais “.

Com essas diretrizes bem definidas surge uma preocupação com a gestão ambiental. Este sistema integra fatores sócio-ambientais e econômicos objetivando projetos de planejamento ambientais que visam a construir empreendimentos sustentáveis, de acordo com os limites do meio ambiente (SOUZA, 2000).

SANTOS (2004, p.24) ao tratar de planejamento, apresenta uma série de conceitos segundo diversos autores, resumindo a questão da seguinte forma:

“Podemos resumi-los dizendo que planejamento é um processo contínuo que envolve a coleta, a organização, a análise sistematizada das informações, por meio de procedimentos e métodos, para chegar a decisões ou a escolhas acerca das melhores alternativas para o aproveitamento dos recursos disponíveis”.

Nesta mesma obra, a autora sugere algumas escalas a serem dotadas em trabalhos de planejamento, dependendo da área a ser trabalhada (Tabela 3).

Tabela 3 - Relações de ocorrência comum no Brasil entre abrangência territorial e escalas adotadas em planejamento

TERRITÓRIO PLANEJADO	ESCALA ADOTADA
Área da bacia hidrográfica	1:5.000 a 1:1.000.000
Território nacional	1:500.000 a 1:5.000.000
Área de influência regional	1:250.000 a 1:1.000.000
Área de influência indireta ou área afetada indiretamente por impactos	1:50.000 a 1:100.00
Área de influência direta ou área diretamente afetada por impactos	1:5.000 a 1:50.000
Área de ação estratégica	1:10.000 – 1:500.000
Limites municipais	1:50.000 – 1:100.000
Centros urbanos subordinados à área de ação	1:500.000
Raios de ação	1:2.000 a 1:100.000
Corredores	1: 2.000 – 1:25.000
Área de reassentamentos	1:2.000 – 1:25.000

Fonte: (SANTOS, 2004).

FRANCO (2001) abordando o planejamento ambiental para áreas urbanas, ressalta a importância de utilizar no planejamento todas as variáveis disponíveis e as técnicas conhecidas na busca do desenvolvimento sustentável. SILVA (2002) apresenta uma interessante discussão sobre a utilização de bacias hidrográficas como unidade de estudo, mencionando que países como Alemanha, Áustria, Bélgica, Dinamarca e Suécia adotam limites artificiais (administrativos), outros como França, Espanha, Grécia, Portugal, Reino Unido e Estados Unidos adotam as bacias hidrográficas como limites.

3 – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1 – Localização

A usina hidrelétrica de Cana Brava está localizada no estado de Goiás, nos municípios de Minaçu e Cavalcante (Figura 3) e integra, juntamente com a usina hidrelétrica de Serra da Mesa, o aproveitamento hidrelétrico de São Felix, que ligada ao sistema integrado da região sudeste, é responsável por uma potência geradora de 1.680 MW (1.200 MW de Serra da Mesa e 480 MW de Cana – Brava).

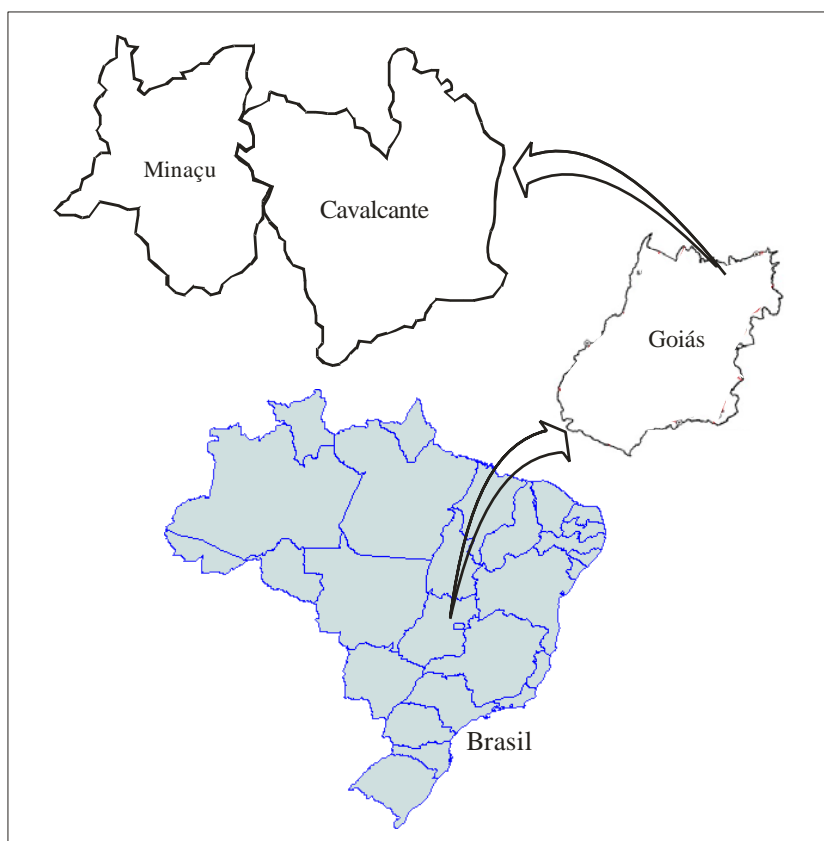


Figura 3 – Mapa de localização da área.

Localiza-se na bacia do alto rio Tocantins, limitando-se a montante pelo UHE – Serra da Mesa e, a jusante, pelo remanso do futuro reservatório de Peixe, entre os paralelos 13° 22' S e 13° 52' S e meridianos 47° 52' W e 48° 18' W. O reservatório possui uma área de 138,7 Km² que representa a Área de Influência Direta, atingindo parte dos municípios goianos de Minaçu e Cavalcante. A área de estudo desta dissertação é representada pela Área de Influência Indireta que apresenta 1.970,807 km² (Figura 4).

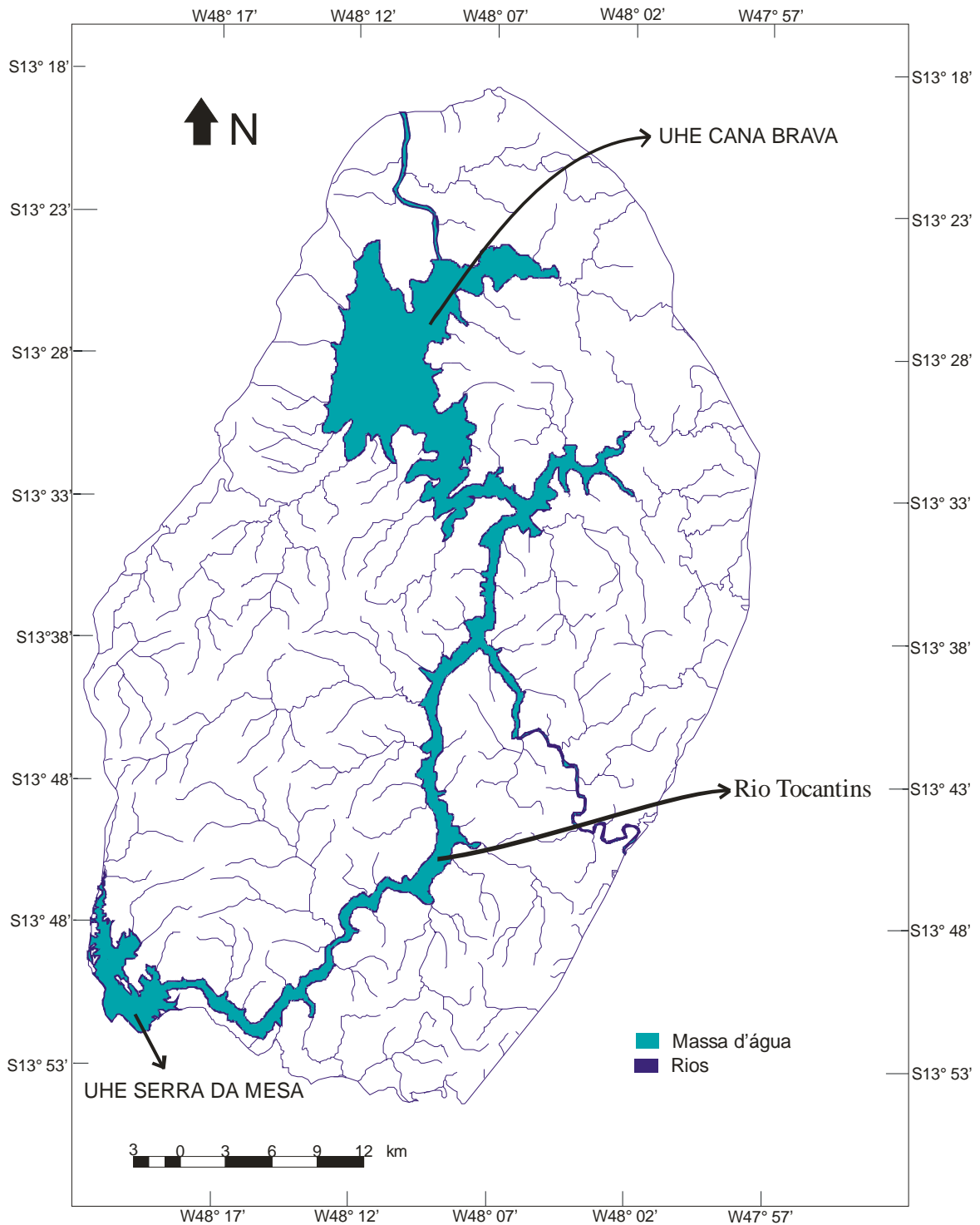


Figura 4 – Mapa da Área de Abrangência da Pesquisa Correspondendo à Área de Influência Indireta (Fonte: CREPANI *et al.*, 2000).

3.2 – Geologia

A área de influência da Usina de Cana Brava apresenta um conjunto de metassedimentos depositados sobre um embasamento cristalino denominado Complexos Basais, que é constituído por biotita-gnaisses, granitos, migmatitos, intercalações de quartzitos, xistos aluminosos, formação ferríferas e anfibolitos. Junto às rochas do Complexo Basal observam-se seqüências de rochas básico-ultrabásicos do Maciço de Cana Brava, relacionados ao Arqueano (IESA, 1987). Os metassedimentos correspondem as Formações Cachoeira das Éguas, Grupo Serra da Mesa, Formação Arraias, Formação Traíras e Grupo Bambuí (IESA, 1987).

A formação Cachoeira das Éguas é composta por gnaisses finamente bandado com intercalações de quartzitos feldspáticos, biotitaxistos, biotitias e xistos grafitosos. No grupo Serra da Mesa predominam micaxistos com intercalações de quartzitos e xistos grafitosos. O grupo Arai é caracterizado por uma seqüência psamítica na base e pelitos no topo, sendo a Formação Arraias basal, formada por pacotes de quartzitos com níveis conglomeráticos e de xisto separado por micaxistos A formação Traíras constitui-se de calcoxistos. Ocorrem também na área corpos graníticos de caráter intrusivo, apresentando formas ovaladas (IESA, 1987).

O grupo Bambuí é representado por uma seqüência clástico e pelito-carbonático com camadas de metassiltitos, quartzitos, ritmitos, que gradam em direção ao topo para filitos calcíferos, passando a mármore dolomítico, quartzitos feldspáticos e filitos rítmicos grafitosos. Os materiais depositados no cenozóico são formados por coberturas detrítico-laterítico, constituído por material areno-argiloso, concreções ferruginosas e fragmentos de quartzo além dos depósitos aluvionares (IESA, 1987).

3.3 – Geomorfologia

A área de pesquisa distribui-se pela Depressão do Tocantins, com cotas altimétricas entre 500 e 700m apresentando um relevo plano com formas amplas e tabulares, nas quais o entalhamento da drenagem é incipiente. Essa unidade faz contato brusco com as elevações do Planalto do Alto Tocantins, por meio de paredões abruptos, que se restringem à porção noroeste. O restante da área é constituída pelo Planalto do Alto Tocantins, caracterizado por um conjunto de regiões com relevos mais movimentados como as Serra Dourada, Serra da Mesa, Serra da Mantiqueira, Serra do Branco e Serra de Cana Brava, compreendendo as altitudes mais elevadas entre 700 e 1.100m apresentando-se muito fragmentado e amplamente dissecado em formas aguçadas (IESA, 1987).

De acordo com a IESA (1987), a Área de Influência Indireta está inserida na Depressão do Tocantins e no Planalto do Alto Tocantins e, segundo CREPANI *et al* (2000), as unidades geomorfológicas que ocorrem na área de pesquisa são: Estrutura Dobrada formando Hogbacks (**HB-ED**), observando-se também o Relevo de Morros e Colinas com dissecação forte. Forte controle estrutural (**MC-FCE (fo)**), é encontrado também no Relevo de Morros e Colinas (**MC**), onde se evidencia a Superfície Regional de Aplainamento IVA com cotas entre 400 e 550m, com dissecações fracas, desenvolvidas principalmente sobre rochas pré-cambrianas (**SRAIVA (fr)**), também está presente na região o Relevo de Morros e Colinas com dissecação muito forte e Forte Controle Estrutural (**MC-FCE (mfo)**), constatando-se também na área uma Zona de Erosão Recuante com dissecação forte, relacionada à geração da SRAIVA e erosionando a SRAI, associada a Hogback e Morros e Colinas e Massa d'água (**ZER-SRAIVA-HB-ED-MC/I(fo)**). Ressalta-se também a predominância da Estrutura Braquianticlinal (Estrutura Dobrada) com dissecações muito fortes, associadas ao corpo Intrusivo Plutônico (**BQA-ED-IP (mfo)**).

3.4 – Solos

De acordo com a EMBRAPA (1999), na área de pesquisa observa-se a presença de Cambissolos, de Chernossolos, de Neossolos e de Argissolos.

Os Cambissolos, formados por material mineral, possuem horizonte A com espessura menor que 40cm, seguido de horizonte B. São solos que variam a coloração da cor bruna ou bruno-amarelada até vermelho escuro. Este tipo de solo compreende solos anteriormente classificados como Cambissolos, inclusive os desenvolvidos em sedimentos aluviais (EMBRAPA, 1999).

Os Chernossolos são também solos formados por material mineral, que apresentam, como característica principal, alta saturação por bases. São solos pouco coloridos, escuros com tonalidades pouco cromado e matizes pouco avermelhados. Este tipo de solo abrange os solos como Brunizem, Rendzina, Brunizem Avermelhado e Brunizem Hidromórfico (EMBRAPA, 1999).

Os Neossolos possuem material mineral, mas podem ser formados também por material orgânico com espessura menor que 30 cm. Este solo abrange os solos conhecidos como Litossolos e Solos Litólico, Regossolos, Solos Aluviais e Areias Quartzosas (Distróficos, Marinhos e Hidromórficos) (EMBRAPA, 1999).

Os Argissolos que predominam na área da pesquisa são constituídos por materiais minerais, com argila de baixa atividade. Possuem cores desde avermelhadas ou amareladas até mais raramente brunadas ou acinzentadas. Os argissolos possuem uma abrangência desde solos Podzólicos vermelhos-amarelo, Terra Roxa estruturada e Terra Bruna estruturada (EMBRAPA, 1999).

3.5 – Uso do solo

A caracterização do uso do solo permite observar a utilização do solo na área de influência indireta, onde predominam pastagens, uma vez que o estado de Goiás é bastante desenvolvido na agropecuária. Conseqüentemente, a utilização do solo neste contexto é grande, mesmo observando-se que a região não constitui um grande pólo agropecuário. Evidencia-se também a utilização do solo pela mineração que, na região, é bem desenvolvida, com a presença de mineradoras de amianto que se tornaram a base da economia na região.

Com a instalação das Usinas de Serra da Mesa e Cana Brava, ocorreu o aumento do número de habitantes e, conseqüentemente, o crescimento das cidades, aumentando a utilização do solo de caráter urbano. Com a construção do reservatório, a utilização do solo na forma de massa de água teve um grande aumento devido às inundações ocorridas com o enchimento do reservatório. Em algumas áreas, constata-se ainda a predominância do Cerrado, uma vez que o solo da região não é propício à agricultura. A proximidade da região com o Parque Nacional dos Veadeiros favorece a uma maior proteção para este tipo de uso do solo.

3.6 – Vegetação

Segundo o Rima (Relatórios de Impacto Ambiental) do reservatório, a região situa-se no Domínio Fitoecológico do Cerrado que apresenta fisionomias que englobam formações florestais, savânicas e campestres.

No sentido fisionômico de florestas, apresenta áreas com predominância de espécies arbóreas em formações, como Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca e Cerradão (RIBEIRO *et al.*, 1998).

As Matas Ciliares constituem um tipo de vegetação encontrado nas margens dos rios e lagos. Esse tipo de vegetação é estreito, possuindo aproximadamente 100m de largura, com árvores que variam de 20 a 25m de altura. (RIBEIRO *et al.*, 1998).

As Matas de Galeria também acompanham rios de pequeno porte e córregos dos planaltos do Brasil Central, tendo como característica a formação de corredores fechados. Sobre o curso de água, as matas de galeria possuem árvores que variam de 20 a 30m de altura (RIBEIRO *et al.*, 1998).

A Mata Seca constitui um tipo de vegetação encontrado em zonas de interflúvio, não apresentando associação com os cursos de água. As árvores encontradas nesta vegetação variam de 15 a 25m de altura (RIBEIRO *et al.*, 1998).

O Cerradão, também conhecido como Floresta Xeromorfa, é constituído por uma mata rala e fraca, com espécies que ocorrem no Cerrado Sentido Restrito e também por espécies de mata. Esta vegetação possui árvores que variam de 8 a 15m de altura (RIBEIRO *et al.*, 1998).

As formações Savânicas se caracterizam por apresentar áreas com árvores e arbustos espalhados sobre um estrato graminoso (Cerrado Sentido Restrito, Parque de Cerrado, Palmeiral e Vereda) (RIBEIRO *et al.*, 1998).

O Cerrado Sentido Restrito é caracterizado pela presença de árvores baixas, inclinadas, tortuosas, com ramificações irregulares e retorcidas. Os arbustos e subarbustos são espalhados e apresentam a rebrotagem após as queimadas (RIBEIRO *et al.*, 1998).

O Parque de Cerrado é marcado pela presença de árvores agrupadas com pequenas elevações de terreno. As árvores desta zona variam de 3 a 6m de altura (RIBEIRO *et al.*, 1998).

O Palmeiral é caracterizado pela presença de apenas uma espécie de Palmeira Arbórea, ocorrendo nos interflúvios (RIBEIRO *et al.*, 1998).

As Veredas são caracterizadas pela presença de buritis que variam de 12 a 15m de altura. São encontrados principalmente em locais com afloramento de lençóis freáticos (RIBEIRO *et al.*, 1998).

O tipo fisionômico Campestre apresenta áreas com predomínio de espécies herbáceas e algumas arbustivas, faltando árvores na paisagem (Campo Sujo, Campo Rupestre e Campo Limpo) (RIBEIRO *et al.*, 1998).

O Campo Sujo caracteriza-se pela presença de arbustos e subarbustos espaçados. Em função da presença ou não do lençol freático o tipo de vegetação Campo Sujo pode ser

subdividido em Campo Sujo Seco, Campo Sujo Úmido e Campo Sujo Murundus (RIBEIRO *et al.*, 1998).

O Campo Rupestre é caracterizado por uma vegetação herbácea arbustiva localizada sobre trechos de afloramentos rochosos, geralmente encontrados em altitudes superiores a 900m, onde há ventos constantes, com dias quentes e noites frias (RIBEIRO *et al.*, 1998).

No Campo Limpo predominam plantas herbáceas, com raros arbustos e ausência completa de árvores. São encontrados com frequência nas encostas, chapadas, olhos d'água, circundando veredas e na borda das matas de galeria (RIBEIRO *et al.*, 1998).

A cobertura vegetal predominante na área do entorno do reservatório de Cana Brava é o cerrado sentido restrito que, no trecho de acesso à usina, está bastante descaracterizado. É importante ressaltar que a mata ciliar que ocorre ao longo dos cursos d'água do entorno encontra-se em diferentes graus de preservação devido à proximidade da ocupação urbana (IESA, 1987).

3.7 – Clima

O Clima da região é classificado como tropical chuvoso do tipo AW, que corresponde ao clima quente e úmido com o inverno seco e verão úmido. A região apresenta uma precipitação anual entre 1200 a 1800 mm com a temperatura média anual variando entre 20°C a 25°C e a umidade do ar aproximadamente de 70%. O mês de janeiro apresenta o maior índice de precipitação com 221,5mm e o mês de agosto o menor índice de precipitação com 1,7mm e umidade do ar de 50%. Estes dados foram coletados nas estações meteorológicas do Paranã e Porto Nacional, no período de 1949 e 1973. Devido à construção do reservatório de Cana Brava a evaporação aumentou e amenizou as condições climáticas locais (IESA, 1987).

4 – METODOLOGIA

4-1 – Materiais

- Os equipamentos utilizados:
 - Computador,
 - Hardwares;
- Os programas utilizados:
 - Microsoft Word;
 - Microsoft Excel;
 - Sistemas de Informações Geográficas – SIG's;
 - Software SPRING 4.2 e seus softwares complementares (Scarta e Iplot) (CÂMARA *et al.*, 1996).

4-2 – Métodos

A metodologia básica compreendeu a utilização do mapa de vulnerabilidade à erosão laminar para a área elaborado por CREPANI *et al.* (2000) e a imagem de satélite da área para identificação de áreas críticas quanto aos processos erosivos e, conseqüentemente, assoreamento passível de causar problemas ambientais e de saúde.

A partir do mapa de vulnerabilidade para o estado de Goiás CREPANI *et al.* (2000), que apresenta nove categorias, foi realizado um recorte para a Área de Influência Indireta do reservatório de Cana Brava, Minaçú. A partir deste recorte foram estabelecidas seis novas categorias para a vulnerabilidade. A partir das folhas topográficas de Minaçú (MI-2037) SD-22-XD-VI, Araí (MI-2038) SD-23-VC-IV, Palmeirópolis (MI-1990) SD-22-XD-III e São José (MI-1991) SD-23-VC-I, confeccionou-se o mapa topográfico que possibilitou a elaboração do mapa de declividade. A partir destas informações, houve o cruzamento de dados com o mapa de vulnerabilidade da Área de Influência Indireta, evidenciando as áreas com maior suscetibilidade à erosão laminar (Figura 5).

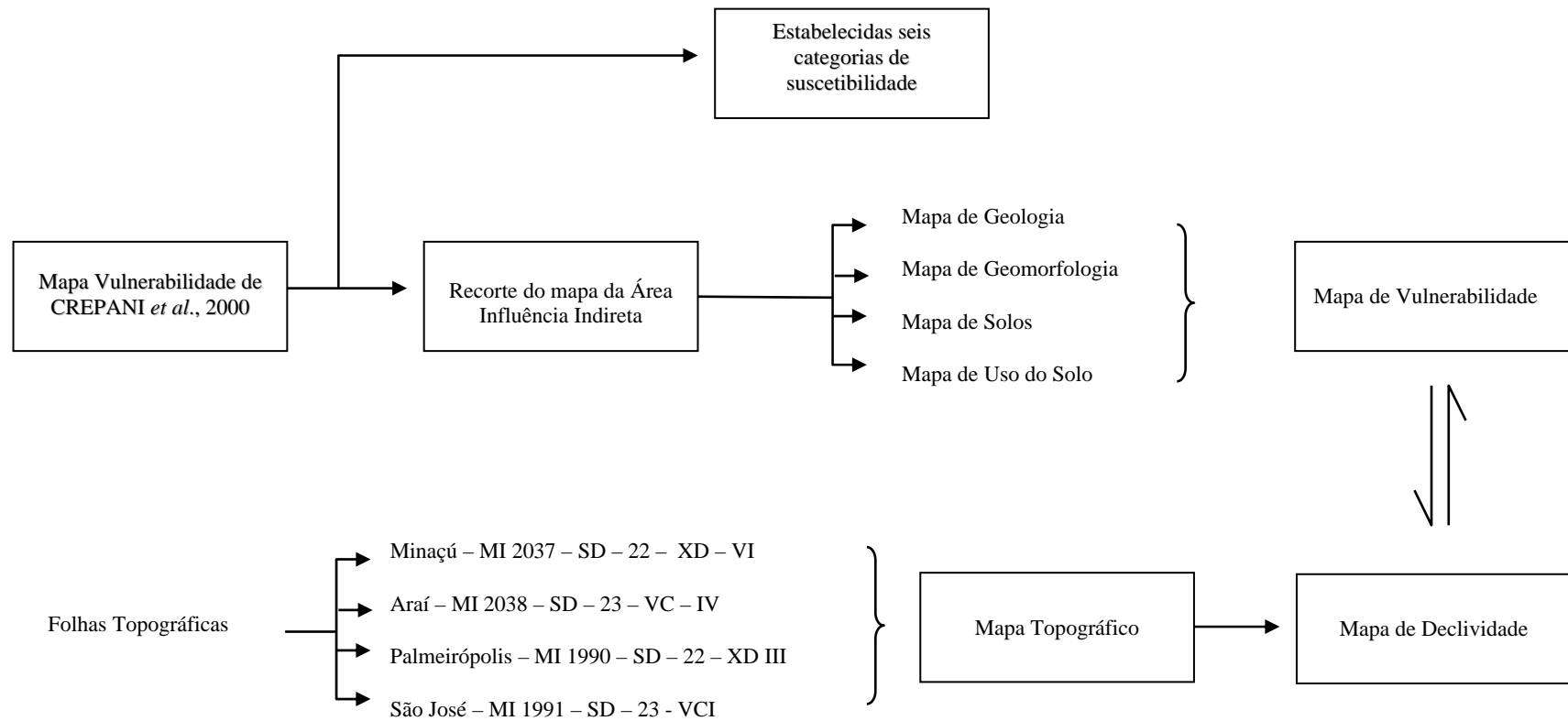


Figura 5: Fluxograma das Atividades.

Para a área de pesquisa é importante ressaltar que foram estabelecidas seis categorias de suscetibilidade caracterizadas a seguir, que foram modificadas a partir do mapa de vulnerabilidade de CREPANI *et al* (2000) que apresentava nove categorias.

Categoria – 1

Área onde a suscetibilidade à erosão laminar é considerada baixa, média ou alta e a utilização do solo está de acordo com a aptidão;

Categoria – 2

Área onde a suscetibilidade à erosão laminar é considerada baixa e a utilização do solo está parcialmente de acordo com a aptidão do solo;

Categoria – 3

Área onde a suscetibilidade à erosão laminar é considerada média e a utilização do solo está parcialmente de acordo com a aptidão;

Categoria – 4

Área onde a suscetibilidade à erosão laminar é considerada alta e a utilização do solo está parcialmente de acordo com a aptidão;

Categoria – 5

Área onde a suscetibilidade à erosão laminar é considerada média, caso o solo venha a ser utilizado em desacordo com a aptidão;

Categoria – 6

Área onde a suscetibilidade à erosão laminar é considerada alta, caso o solo venha a ser utilizado em desacordo com a aptidão;

Para a análise dos dados, considerou-se que as categorias 1 e 2 não são preocupantes, visto que apresentam baixa suscetibilidade à erosão laminar; as categorias 3 e 4 necessitam de uma atenção, pois podem favorecer à erosão laminar. Já as categorias 5 e 6 são extremamente preocupante devido apresentarem grande suscetibilidade à erosão laminar, caso o solo seja utilizado em desacordo com a sua aptidão.

Após o levantamento bibliográfico, utilizaram-se as técnicas de geoprocessamento com as ferramentas como o SIG (Sistemas de Informações Geográficas), os mapas

regionais como o SIG-GOIÁS (GOIÁS, 2002) e o Projeto RADAMBRASIL (IBGE, 1982) para a obtenção dos dados.

Para a caracterização da área de estudo, houve a integração dos dados como correlação dos mapas de geologia, geomorfologia, solos, uso do solo, declividade e imagens de satélite, com o objetivo de compor a base de dados do projeto. A integração dos dados no SIG constituiu a base sobre a qual foram elaboradas as análises e interpretação da área

Atualmente, a utilização de Sistemas de Informações Geográficas – SIG's torna-se de fundamental importância, resulta inviável a elaboração de projetos ambientais sem esse instrumento, uma vez que a presença de planos de informações, representada por mapeamentos temáticos, é indispensável. A utilização de tais mapas contribuirá, certamente, para a elucidação de problemas erosivos e deposicionais que porventura venham a ocorrer em áreas de grande extensão, assim como viabilizará, a partir da integração com outros mapeamentos temáticos, a elaboração de cenários ambientais, como, por exemplo, áreas de instabilidade de taludes e de erodibilidade, e ainda áreas de riscos de movimentos de massa e inundações. Além disso, os mapas temáticos podem fornecer subsídios à instalação de obras e à localização de rejeitos sépticos, entre outros (GUERRA & CUNHA, 1998).

Os mapeamentos temáticos estão intimamente associados a três parâmetros básicos:

- Escolha das legendas que, por sua vez, devem estar acoplados aos objetivos a serem alcançados;
- Utilização da técnica de sensoriamento remoto¹, em que se inclui o processamento digital, principalmente quando se trabalha em macro e mesoescala de detalhamento;
- Uso de cartografia computadorizada, em que se pode contar com o apoio de mesas digitalizadoras ou scanners de alta precisão.

¹Podemos definir como sendo a tecnologia que permite a aquisição de informações sobre objetos sem contato físico com eles. Embora de fato o Sensoriamento Remoto tenha desenvolvimento vinculado ao avanço da Astronomia, o termo é associado à aquisição de medidas nas quais o ser humano não é parte essencial do processo de detecção e registro de dados. Os sensores seriam os equipamentos capazes de coletar energia proveniente do objeto, convertê-la em sinal passível de ser registrado e apresentá-lo em forma adequada à extração de informações. (NOVO, 1988)

A visão sinóptica que o sensoriamento remoto gera é subsidiada por ferramentas do geoprocessamento e permite identificar configurações espaciais que se materializam a partir das alterações que a área sofre como consequência das mudanças inferidas pelas práticas sociais.

Os mapas temáticos de geologia, geomorfologia, solos e uso do solo, na escala de 1:250.000, foram elaborados partir do software SPRING 4.2 e seus softwares complementares (Scarta e Iplot) (CÂMARA *et al* 1996). Com este software foi possível a quantificação das respectivas áreas por temas, conjugando a elaboração dos mapas temáticos e as discussões sobre os usos do solo.

A partir dessas seis categorias foram estabelecidos mapas de geologia, geomorfologia, solos e de usos do solo, evidenciando com isso os pontos com maior suscetibilidade à erosão laminar.

Cabe ressaltar que o uso da tecnologia de SIG é fundamental no mapeamento temático, no diagnóstico e no prognóstico de uma determinada área. Nesta pesquisa foi de suma importância o uso da análise espacial como ferramenta de apoio à tomada de decisão em um sistema com muitas restrições, como o ambiente estudado.

Ressalta-se que, na confecção do mapa de declividades, as cotas estão nas equidistâncias de 100m com 6 (seis) intervalos, partindo do mais plano até a categoria com maior intensidade de declividade, e a escala de 1:250.000.

5- RESULTADOS OBTIDOS

Os mapas de geologia, geomorfologia, solos e uso dos solos produzidos permitiram a quantificação das unidades que os compõem e a correlação com as seis categorias de suscetibilidades pré-estabelecidas. Posteriormente ao cruzamento destes mapas houve a confecção do mapa de suscetibilidade

No mapa de geologia (Tabela 4 e 5, Figura 6), verifica-se o predomínio dos Granitos da Subprovíncia Tocantins.

Tabela 4 - Distribuição das unidades geológicas na área.

Geologia	Km²	%
Zona Ultramáfica	21.97	1,11
Zona Máfica Superior	31.34	1,6
Zona Máfica Inferior	53.65	2,72
Unidade Ritmica Quartzítica Intermediária	223.65	11,35
Unidade Ritmica Pelito-Carbonata	279.47	14,18
Serra da Mesa Indiviso	310.21	15,74
Sequência Palmeirópolis	17.93	0,91
Formação Traíras	276.25	14,02
Granitos da Subprovíncia Tocantins	329.91	16,74
Formação Arraias	122.29	6,2
Complexo Diorito-Granodiorítico	303.96	15,42

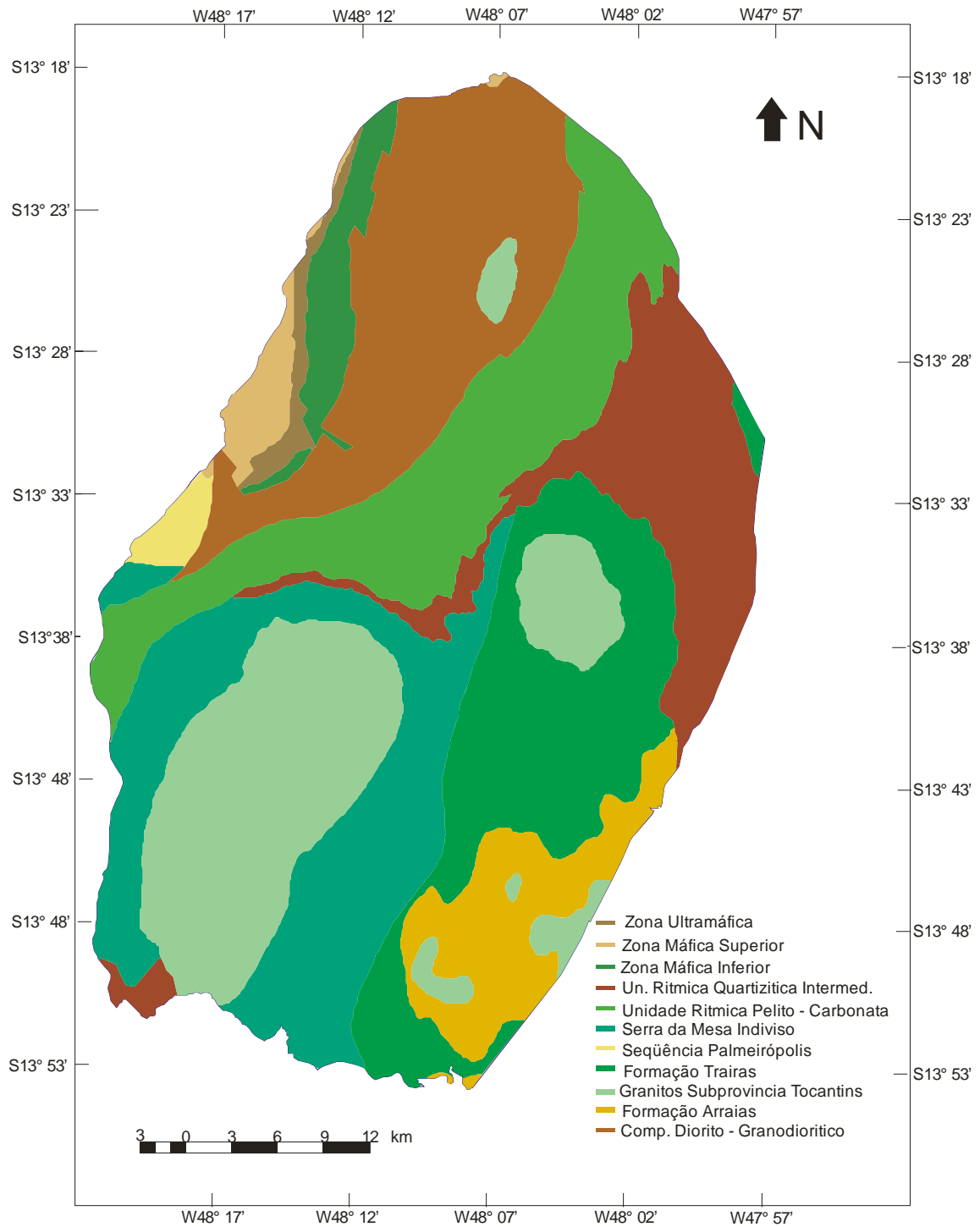


Figura 6 – Mapa de Geologia. Fonte: (Modificado de CREPANI *et al.*, 2000).

Tabela 5 – Relação das unidades geológicas com as categorias. (Mapas das categorias anexo. Figuras 12 ao 17)

Geologia/ Categorias	Categoria 1		Categoria 2		Categoria 3		Categoria 4		Categoria 5		Categoria 6	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
Compl. Diorito-Granodiorítico	231,73	42,15	16,76	3,25	0	0	2,38	100	0	0	6,98	1,24
F. Arraias	15,05	2,74	92,23	17,9	28,69	14,02	0	0	2,08	1,45	29,46	5,22
F. Traíras	6,07	1,1	41,61	8,08	79,59	38,9	0	0	0	0	106,61	18,91
Gran. Sub. Tocantins	35,68	6,49	203,44	39,49	15,77	7,71	0	0	0,98	0,68	67,19	11,92
Seq. Palmeirópolis	2,08	0,38	15,89	3,08	0	0	0	0	0	0	0	0
S. Mesa Indiviso	42,81	7,79	30,71	5,96	29,58	14,46	0	0	0	0	182,37	32,34
Un. Rit. Pelito Carbonata	126,99	23,1	36,92	7,17	44,61	21,81	0	0	0	0	104,85	18,6
Un. Rit. Quartizica Inter.	37,76	6,87	22,38	4,34	6,34	3,1	0	0	91,12	63,27	66,39	11,77
Z. Máfica Inf	8,91	1,62	44,74	8,68	0	0	0	0	0	0	0	0
Z. Máfica Sup.	29,56	5,38	1,71	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0
Z. Ultramáfica	13,18	2,4	8,81	1,71	0	0	0	0	0	0	0	0
Área Total	549,81	100	515,19	100	204,58	100	2,38	100	94,18	100	563,84	100

No mapa de geomorfologia (Tabela 6 e 7 e Figura 7) observa-se que a estrutura geomorfológica predominante na área de influência indireta é o BQA-ED-IP (mfo) - Estrutura Braquianticlinal (Estrutura Dobrada) com dissecação muito forte, associada a corpo Intrusivo Plutônico correspondendo a 37% da área total (Tabela 06).

Tabela 6 – Distribuição das categorias geomorfológicas na área.

Geomorfologia	Km²	%
MASSA D'ÁGUA	191.89	9,76
ZER-SRAIVA-HB-ED-MC/I (fo) – Zona de Erosão Recuante com dissecação forte, relacionada à geração da SRAIVA e erosionamento a SRAI, associada a Hogback e Morros e Colinas e Massa de água	204.62	10,58
MC-FCE (mfo) - Relevo de Morros e Colinas com dissecações muito fortes. Forte Controle Estrutural	1.26	0,1
SRAIVA (fr) – Superfície Regional de Aplainamento IVA com cotas entre 400 e 550m, com dissecação fraca desenvolvida principalmente sobre rochas pré-cambrianas	363.57	18,85
MC – Relevo de Morros e Colinas	17	0,86
MC-FCE (fo) – Relevo de Morros e Colinas com dissecação forte. Forte Controle Estrutural	447.83	22,92
HB-ED - Estrutura Dobrada formando Hogbacks	6.23	3,28
BQA-ED-IP – Estrutura Braquianticlinal (Estrutura Dobrada) com dissecações muito fortes, associadas ao corpo Intrusivo Plutônico.	719.45	36,61

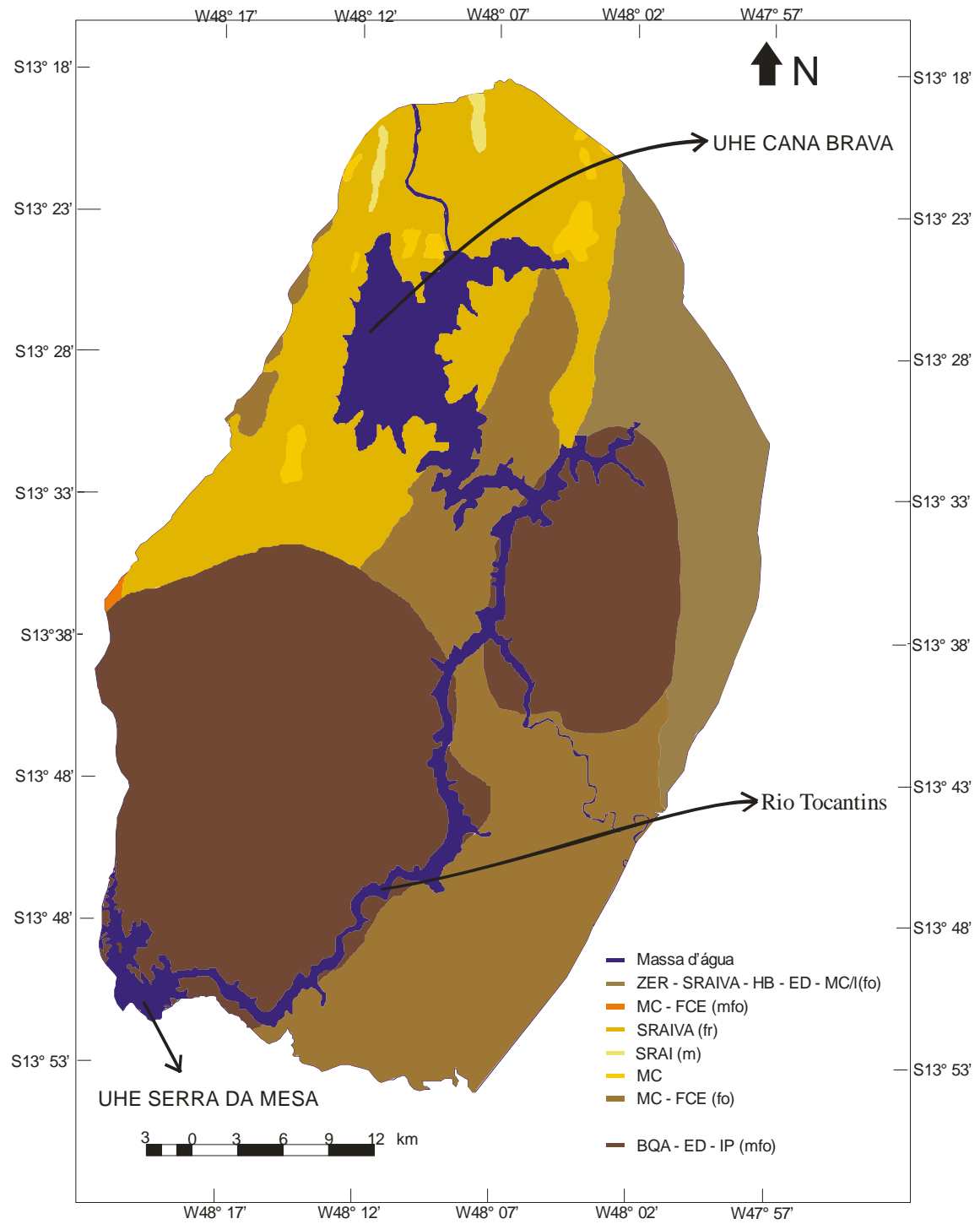


Figura 7 – Mapa de Geomorfologia. Fonte:(Modificado de CREPANI *et al* 2000).

Tabela 7 – Relação das unidades geomorfológicas com as categorias. (Mapas das categorias anexo. Figuras 18 ao 23)

Geomorfologia/ Categorias	Categoria 1		Categoria 2		Categoria 3		Categoria 4		Categoria 5		Categoria 6	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
BQA-ED-IP (mfo)	50,44	9,18	257,79	50,66	83,69	40,96	0	0	63,41	44,02	262,28	46,65
MC-FCE (fo)	21,83	3,97	76,3	15	91,59	44,83	0	0	6,98	4,85	210,01	37,35
MC	11,36	2,07	6,21	1,22	0	0	0	0	0	0	0,96	0,17
SRAI (m)	1,58	0,29	3,08	0,61	0	0	1,57	65,77	0	0	0	0
SRAIVA (fr)	258,97	47,12	119,12	23,41	0,57	0,28	0,82	34,23	0	0	4,26	0,76
MC-FCE (mfo)	0	0	1,26	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0
ZER-SRAIVA-HB-ED-MC/I (fo)	116,45	21,19	10,91	2,14	0	0	0	0	72,64	50,43	45,36	8,07
Massa de água	88,94	16,18	34,16	6,71	28,48	13,94	0	0	1,01	0,7	39,32	6,99
Área Total	549,56	100	508,83	100	204,32	100	2,38	100	144,04	100	562,27	100

No mapa de solos (Tabela 8 e 9 e Figura 8), observa-se somente quatro tipos de solos, como está evidenciado na Tabela 08, predominando Argissolos com 58% da área total.

Tabela 8 – Distribuição das categorias do solo na área.

Solos	Km²	%
Neossolos	656.67	33,28
Chernossolos	137.94	6,99
Cambissolos	15.29	0,78
Argissolos	1.163,02	58,95

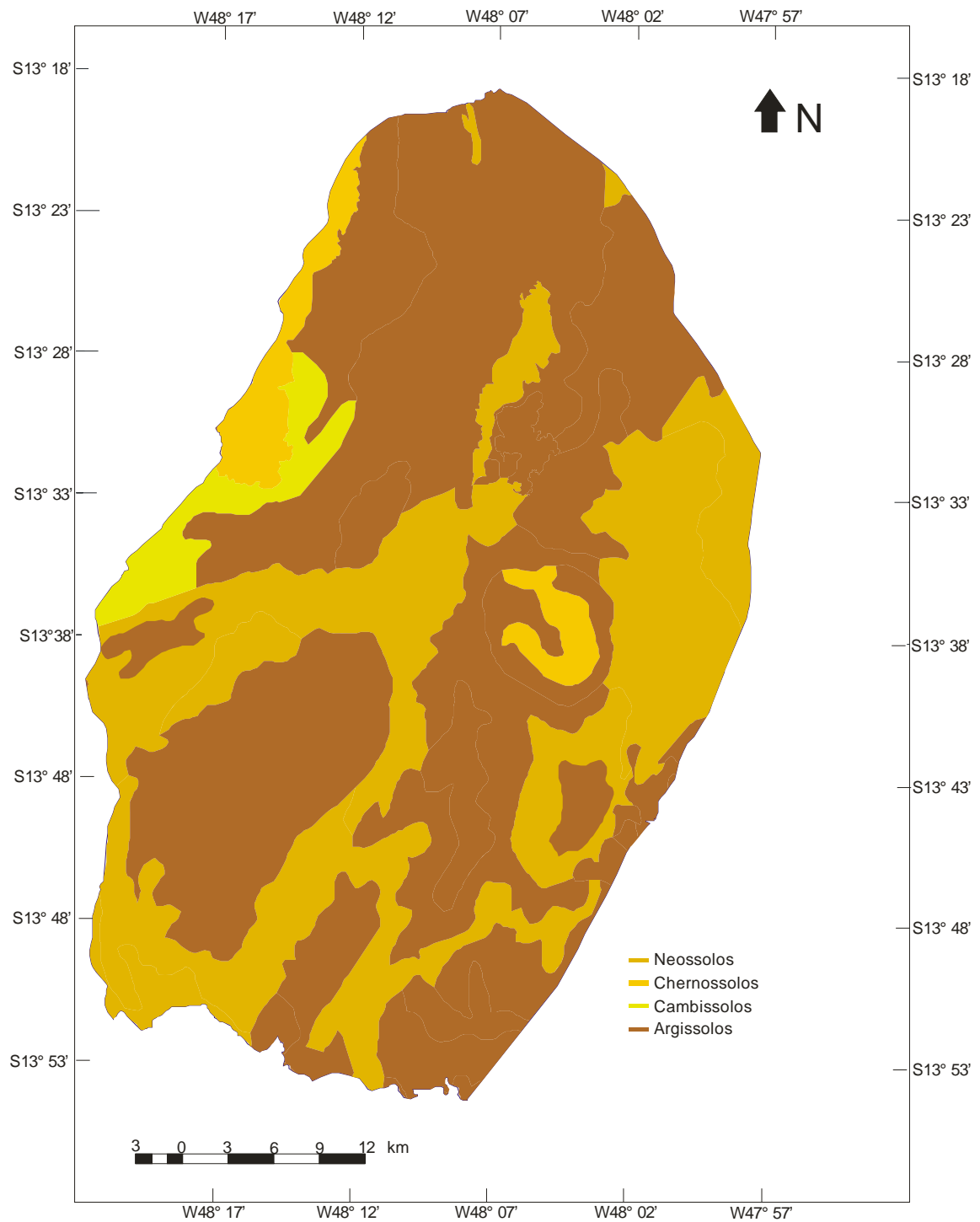


Figura 8 – Mapa de Solos. Fonte: (Modificado de CREPANI *et al* 2000).

Tabela 9 – Relação dos tipos de solos com as categorias. (Mapa das categorias anexo. Figuras 24 ao 29)

Solos/ Categorias	Categoria 1		Categoria 2		Categoria 3		Categoria 4		Categoria 5		Categoria 6	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
Argissolos	472,95	86,03	432,4	84,98	204,54	100	0	0	0	0	53,12	9,43
Cambissolos	0	0	15,29	3,01	0	0	0	0	0	0	0	0
Chernossolos	76,82	13,97	61,12	12,01	0	0	0	0	0	0	0	0
Neossolos	0	0	0	0	0	0	2,38	100	144,03	100	510,25	90,57
Área Total	549,77	100	508,8	100	204,54	100	2,38	100	144,03	100	563,37	100

O mapa de Uso do solo (Tabela 10 e 11 e Figura 9) demonstra que a região de pesquisa está localizada no domínio Fitoecológico do cerrado, devido a este fator o uso do solo predominante é o cerrado. Deve-se ressaltar que essa predominância do cerrado se explica pela proximidade da área de pesquisa ao Parque Chapada dos Veadeiros, mas observa-se que, devido a outras atribuições do uso do solo, o cerrado está sendo degradado de forma acelerada.

Tabela10 – Distribuição das categorias do uso do solo na área.

Uso do Solo	Km²	%
Cerrado	1.622,71	82,28
Urbano	7.64	0,39
Mineração	5.41	0,27
Massa de água	191.74	9,72
Pastagens	144.69	7,34

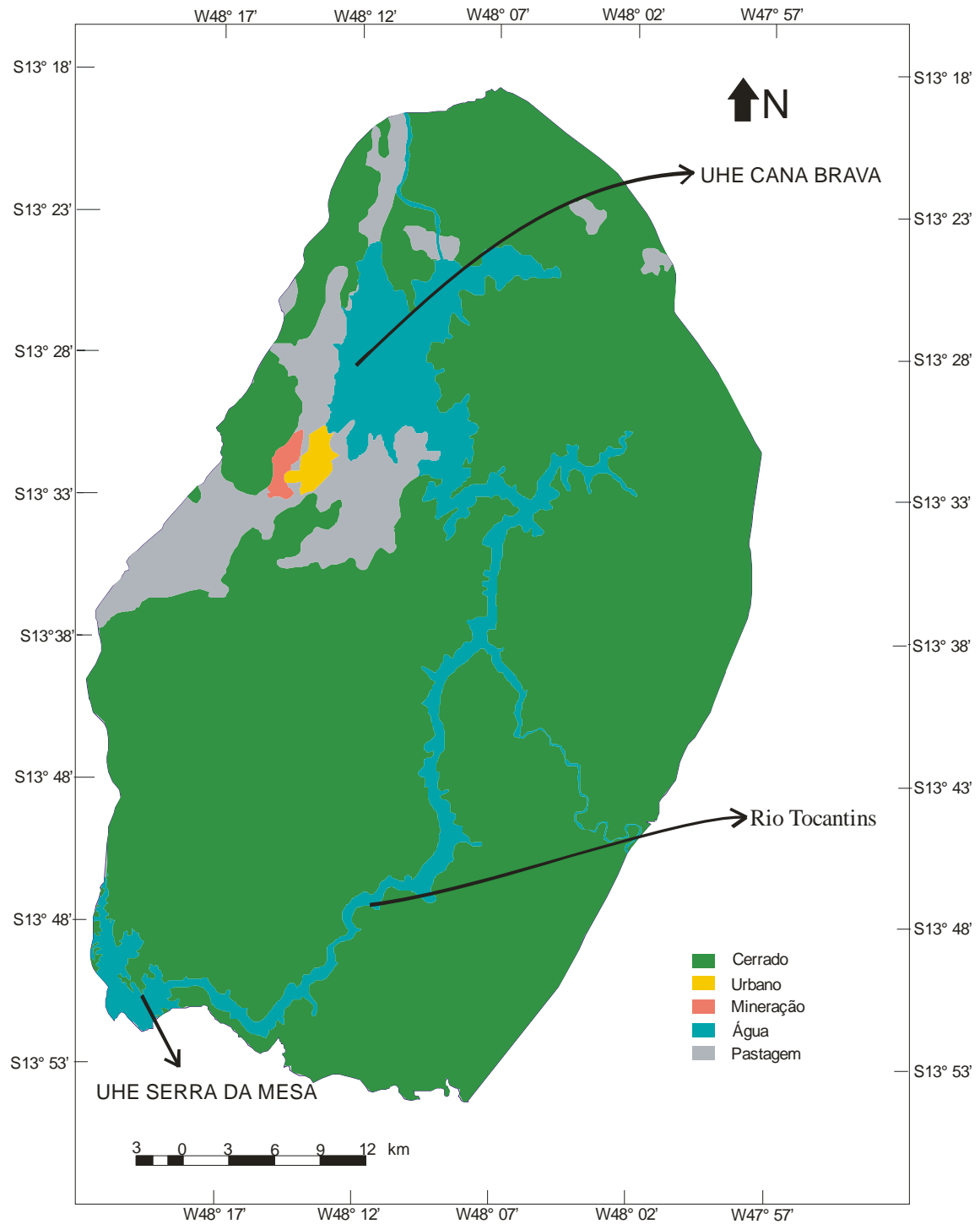


Figura 9 – Mapa de Uso de Solo. Fonte: (Modificado de CREPANI *et al.*, 2000).

Tabela 11 – Relação do Uso do solo com as categorias. (Mapas das categorias anexo. Figuras 30 ao 35).

Uso do solo /Categorias	Categoria 1		Categoria 2		Categoria 3		Categoria 4		Categoria 5		Categoria 6	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
Pastagem	54,37	9,89	87,86	17,25	0	0	0	0	0	0	2,45	0,44
Mineração	2,09	0,38	3,32	0,65	0	0	0	0	0	0	0	0
Urbano	1,38	0,25	6,26	1,23	0	0	0	0	0	0	0	0
Cerrado	403,29	73,39	377,41	74,11	176,02	86,05	2,38	100	143,04	99,31	520,56	92,56
Massa de Água	88,42	16,09	34,4	6,75	28,53	13,95	0	0	1	0,69	39,39	7
Área total	549,55	100	509,25	100	204,54	100	2,38	100	144,04	100	562,4	100

O mapa de vulnerabilidade, gerado a partir do cruzamento das informações obtidas com os mapas de geologia, geomorfologia, solos e usos do solo, apresenta as seguintes categorias estabelecidas para o mapa de vulnerabilidades (Tabela 12 e Figura 10).

Tabela 12 – Distribuição das categorias de vulnerabilidade em relação à área e porcentagem.

Categoria	Km²	%
Categoria 1	814	27,9
Categoria 2	508.801	25,82
Categoria 3	230.378	11,69
Categoria 4	2,385	0,12
Categoria 5	144.031	7,31
Categoria 6	563.386	28,59
Total	1.970,807	100

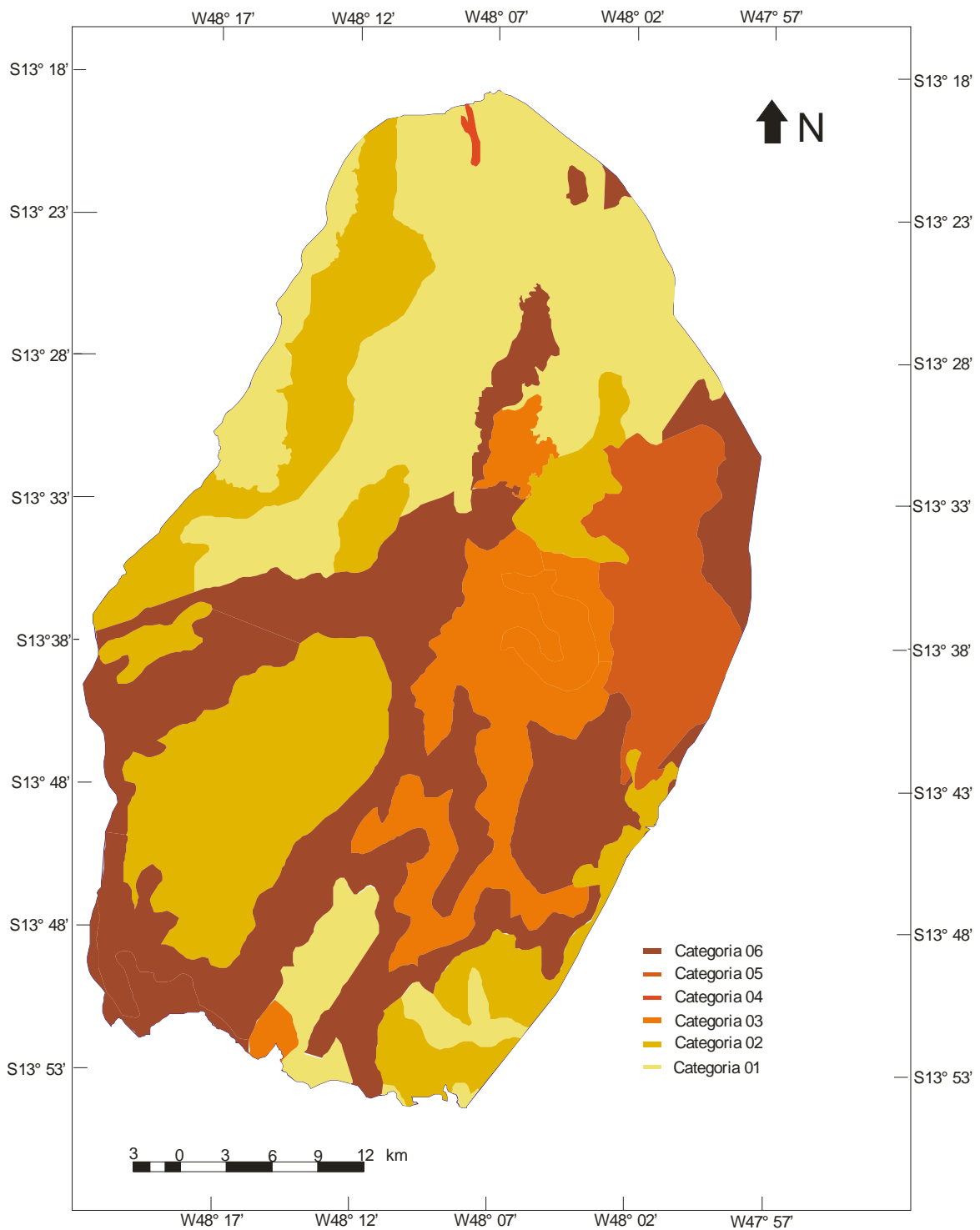


Figura 10 – Mapa de Vulnerabilidade. Fonte:(Modificado de CREPANI, 2000).

Os resultados obtidos indicam áreas problemáticas em relação ao tema abordado nesta dissertação:

- 28,59% da área está incluída na categoria 6 (alta suscetibilidade a erosão laminar, caso o solo venha ser utilizado em desacordo com a aptidão);

- 7,31% da área está incluída na categoria 5 (média suscetibilidade a erosão laminar caso o solo venha ser utilizado em desacordo com a aptidão);
- As categorias 3 e 4 totalizam 11,81% incluindo de média a alta suscetibilidade, sendo utilizadas parcialmente de acordo com suas aptidões.

Neste caso, 35,9% da área apresenta grande suscetibilidade às erosões laminares, sendo produtora ou potencialmente produtora de sedimentos. Os 11,81% das categorias 3 e 4 também passam a serem considerados problemas, uma vez que favorecem este quadro.

Neste contexto, 47,71% da área apresenta suscetibilidade à erosão laminar, o que poderá agravar as questões relacionadas ao assoreamento e sedimentação do reservatório diminuindo o tempo de vida útil da Usina de Cana Brava.

Outro problema considerado é de que a fronteira agrícola no estado de Goiás tem aumentado, sendo que para a região objeto da pesquisa o índice de crescimento é considerado baixo. Mesmo assim, o aumento da atividade agropecuária poderá prejudicar o reservatório de Cana Brava, através da produção de sedimentos e do conseqüente assoreamento.

Através do mapa de declividade (Figura 11) pode-se observar que a maior parte da área de pesquisa apresenta baixa declividade (0 a 6%) totalizando 67,16%. A Tabela 13 apresenta a distribuição da declividade de acordo com a área e sua porcentagem.

Tabela 13 - Dados das declividades em área e porcentagem

DECLIVIDADE	Km²	%
0 - 3%	1,030.858	52.306
3 - 6%	292.915	14.863
6 - 9%	186.712	9.474
9 - 12%	168.722	8.561
12 - 20%	94.436	4.792
> 20%	5.276	0.268
Massa d'água	191.885	9.736
Área total	1,970.807	100.00

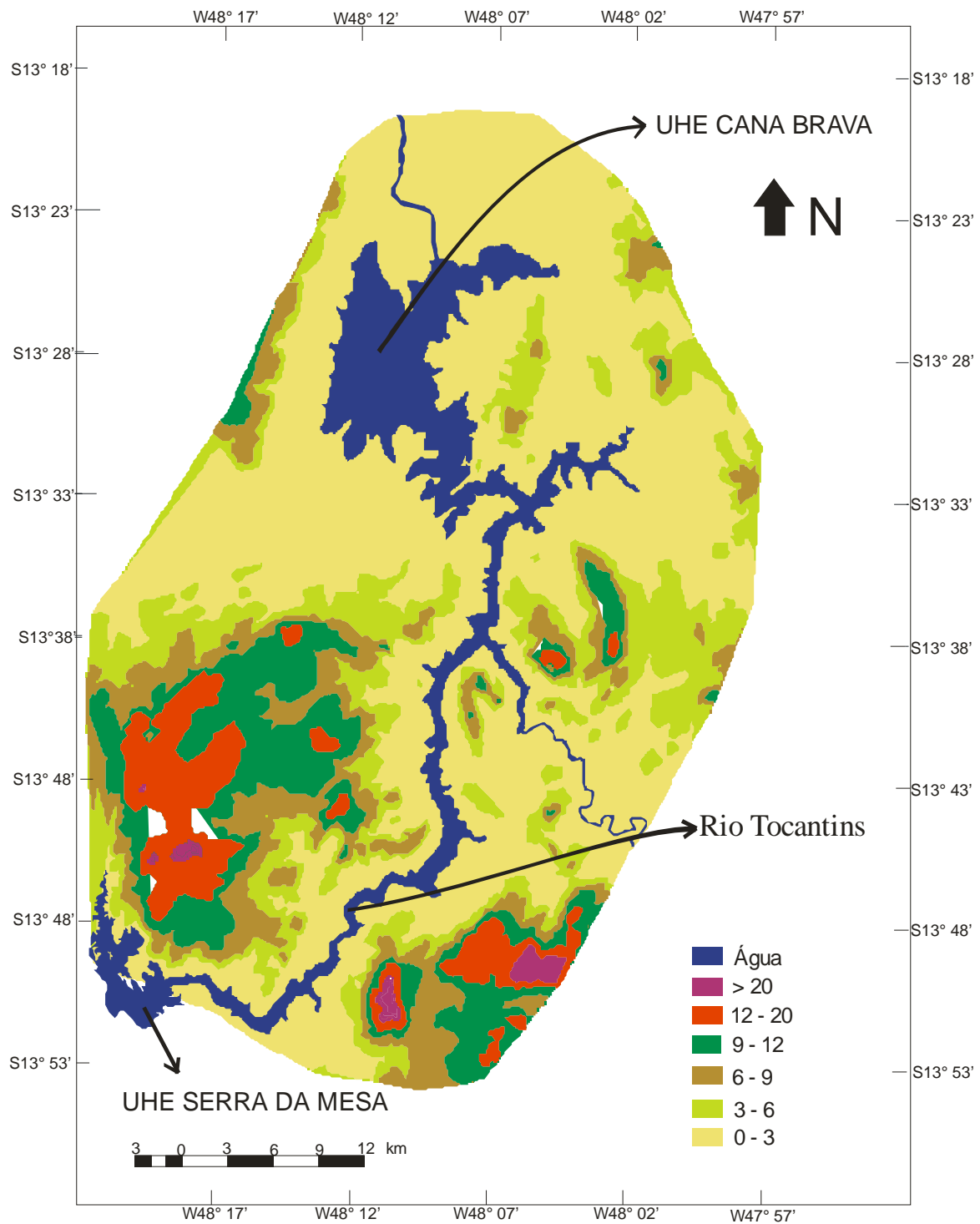


Figura 11 – Mapa de Declividade

O mapa de declividade auxilia na interpretação mais detalhada da área visando a projetos de planejamento ambiental, pois com seus dados é possível selecionar as áreas também críticas no entorno do reservatório.

Baseado no trabalho de BIGARELLA *et al* (1979) comparou-se o resultado do mapa de declividade de acordo com sua aptidão agrícola.

Áreas com declividade entre 0 e 3% representam 52% da área onde se pode utilizar a agricultura sem restrições.

Entre 3 e 6% de declividade, 14% da área, pode-se utilizar a agricultura intensiva com pequenas medidas de conservação, como por exemplo à utilização de curvas de níveis.

De 6 a 9% de declividade, 9% da área, pode-se utilizar a agricultura com práticas conservacionistas moderadas.

Entre 9 e 12% de declividade, 8% da área, pode-se utilizar a agricultura com rotação de cultura, com o limite do uso do trator e com uma conservação intensiva.

De 12 a 20% de declividade, 4% da área, pode-se utilizar a agricultura com restrições, principalmente às culturas perenes.

Áreas com declividade acima de 20%, 0,2% da área, devem ser utilizadas, por lei, com a finalidade de preservação.

Os resultados do mapa de declividade demonstram que 35,2% da área necessitam de medidas de conservação, caso haja a utilização agrícola do solo. Este resultado confirma as informações promovidas pelo mapa de vulnerabilidade que indica, aproximadamente, que 47,71% da área da pesquisa apresenta problemas, caso haja má utilização do solo em relação à sua aptidão, e, conseqüentemente, uma maior possibilidade do aumento da sedimentação no reservatório de Cana Brava.

De acordo com os resultados, a área é propícia à sedimentação e, conseqüentemente, a promoção de problemas de saúde afetando diretamente a saúde da população, uma vez que a qualidade da água diminui em função do aporte de sedimento e do carreamento de agentes nocivos a saúde humana que são transportados por intermédio das erosões nas margens do reservatório. Constata-se que, portanto, a problemática do reservatório não se limita apenas a problemas ambientais, mas também a questões de saúde pública.

A análise dos mapas confeccionados permite evidenciar as características próprias da área de influência indireta da Usina de Cana Brava. Baseados em IESA (1987). A degradação do ambiente no entorno do reservatório de Cana Brava, há vinte anos, estava

ligada diretamente ao avanço das atividades mineradoras, como a extração de Amianto, Berilo, Mica, Cassiterita, Areia e Cascalho, além dos garimpos de Ouro, Cassiteritas e mineralizações Graníticas. Nos dias atuais, observa-se que a atividade de maior intensidade da degradação do meio ambiente corresponde a evolução da agricultura e das pastagens.

Em função desses fatores muito tem se discutido sobre a importância do meio ambiente para a sobrevivência dos seres vivos, pois, com o avanço da ação antrópica grandes desequilíbrios ambientais são observados, destacando-se perda de solo e o assoreamento dos rios e reservatórios.

As intensas atividades humanas no solo causam as erosões que ocorrem simultaneamente na superfície e na profundidade no solo (CAMPOS, 1987). Esta intensidade desordenada promove problemas de ordem econômica, social, política, ambiental e de saúde. O atual manejo do uso da terra, desencadeado pelo desmatamento, agricultura, implantação de estradas e urbanização acelera de forma significativa a erosão do solo, aumentando assim a quantidade de perda de solo e, conseqüentemente, a sedimentação dos recursos hídricos (SÃO PAULO, 1990).

A vulnerabilidade ambiental tem se associado à suscetibilidade do solo à erosão. Esta maior fragilidade aumenta onde a capacidade de infiltração do solo exposto é reduzido pela atividade antrópica e a forte precipitação (FALKENMARK & SUPRAPTO,1992).

Nesta questão, a presença da cobertura vegetal é fator fundamental na defesa natural do solo contra a erosão (SALOMÃO & IWASA,1995).

Observa-se que a maior perda de solo ocorre em áreas de cultivo agrícolas, fortemente pisoteadas e sem cobertura vegetal, onde a erosão laminar é considerada o principal tipo de perda de solo (BERTONI & LOMBARDI NETO,1999). As perdas de solo por erosão laminar são afetadas por fatores relacionados às considerações naturais locais, como precipitação, cobertura vegetal, topografia e tipos de solo (SALOMÃO,1999).

A quantificação da perda de solo por erosão laminar é feita pela Equação Universal de Perda de Solos (EUPS). No país, vários trabalhos estão sendo adaptados às condições regionais, para a utilização da equação (BERTONI *et al.*,1972; BERTONI *et al.*,1975; LOMBARDI NETO,1977; LOMBARDI NETO,1979; PONÇANO & CHRISTOFOLETTI,1987; DENARDIN,1990; LOMBARDI NETO &

MOLDENHAUR,1992; MARQUES *et al.*,1997a,b,c; NASCIMENTO, 1998; VALERIANO,1999; SILVA & SCHULZ,2001).

BUFON (2006) ressalta que, segundo a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1976), o problema do assoreamento traduz-se pelos seguintes impactos:

- Diminuição do armazenamento de água;
- Colmatação total de pequenos lagos e açudes;
- Obstrução de canais de curvas de água;
- Destruição dos habitats aquáticos;
- Criação de turbidez, prejudicando o aproveitamento da água e reduzindo a atividade de fotossíntese;
- Degradação da água para consumo;
- Aumento dos custos para o tratamento de água;
- Prejuízo dos sistemas com fertilizantes, inseticidas, pesticidas, herbicidas, etc;
- Veiculação de bactérias e vírus;
- Abrasão nas tubulações e nas partes internas das turbinas;
- Diminuição do tempo de vida útil do reservatório

A implantação de megaprojetos, como o de uma usina hidrelétrica, incita o debate sobre a avaliação de novos critérios para observação dos impactos ambientais da política de hidroenergia em países emergentes, onde o ambiente é visto como unidade do meio natural e do meio sócio-cultural. VIEIRA (1995) ressalta que, nos últimos anos, com forte pressão dos governos para o crescimento, o meio ambiente tem sofrido grandes impactos com a construção de megaprojetos hídricos para fins energéticos. Alguns impactos promovem perdas irreparáveis como, alagamento de terras agrícolas e florestas, prejuízo à migração dos peixes, destruição das condições de trabalho das regiões ribeirinhas e o aumento de doenças de veiculação hídrica.

As UHE de Barra Bonita (1957 a 1963) e UHE Jurumirim (1956 a 1962) são exemplos claros destes planejamentos sem um estudo prévio sobre as vantagens e desvantagens de projetos desta magnitude, e a intensidade da degradação ambiental. Nestas UHEs houve uma aceleração do assoreamento dos reservatórios devido à falta de um

planejamento ambiental das áreas ribeirinhas o que acarretou na diminuição drástica do tempo de vida útil destes reservatórios (GONÇALVES *et al.*, 2006)

Um dos principais fatores para o desequilíbrio ambiental é o avanço do desmatamento, diretamente, relacionado ao crescimento populacional. O aumento da agricultura explica-se pela necessidade de suprir novos comércios, principalmente em Goiás, onde a principal renda vem da agricultura e da pecuária.

No caso específico da região da UHE Cana Brava e UHE Serra da Mesa, suas construções revigoraram a economia dos municípios e aumentaram a população dessas regiões, em torno do reservatório. Com isso o aumento da agricultura e principalmente de pastagens foi grande, se comparado aos tempos anteriores à construção dos reservatórios.

Segundo IESA (1987), com a utilização do solo em torno do reservatório sem um planejamento ambiental, poderá ocorrer aumento da taxa de sedimentação no reservatório e, conseqüentemente, a diminuição do tempo de vida útil da usina, caracterizando perdas de caráter econômico e ambientais, tornando-se também um problema de saúde pública. Um planejamento da área de influência indireta torna-se de fundamental importância pois através dos mapas constata-se grande suscetibilidade à erosão laminar.

Evidencia-se também o planejamento, pois vários processos cedidos pelo Ministério Público de Goiás ressaltam que ações judiciais estão sendo movidas contra a empresa concessionária da UHE Serra da Mesa que faz parte do mesmo complexo energético da UHE de Cana Brava, sendo importante ressaltar que a empresa concessionária de Cana Brava é outra, denominada Tractebel. Estes processos relatam a especulação imobiliária no entorno do reservatório de Serra da Mesa, sendo esta área de especulação uma área protegida por lei, pois fica no limite da mata ciliar de fundamental importância para a proteção contra as erosões e conseqüentemente o assoreamento e a sedimentação do reservatório

Os resultados apontam para a necessidade de elaboração de um plano de manejo dos recursos naturais da área indiretamente impactada pelo reservatório, assim como a criação de áreas de preservação ambiental. Cabe ressaltar que, se as áreas consideradas ideais para utilização agrícola não adotarem as medidas de conservação sugeridas, como, por exemplo, o limite de declividade da área o tipo de solo e o desmatamento somar-se-ão às demais, agravando o problema de assoreamento do reservatório.

5 – CONCLUSÕES

A análise dos mapas distribuída em cada categoria permite constatar que:

- Observa-se que 47,71% da área total possui grande suscetibilidade a erosão e conseqüentemente, apresenta um maior índice de assoreamento para o reservatório de UHE Cana-Brava.
- Isto permite demonstrar que a área de influência indireta da Usina de Cana Brava deve ser objeto de um plano de utilização dos recursos naturais, em que a manutenção e a recuperação da mata ciliar se torna de fundamental importância.
- Observa-se também que, embora a área esteja próxima a uma área de preservação ambiental, a Chapada dos Veadeiros, as pastagens e a agricultura tiveram maior expansão, constituindo, portanto, um dos aspectos mais importantes para futuras discussões.
- O assoreamento e a sedimentação têm afetado a qualidade da água, aumentando o fenômeno da eutrofização, prejudicando a fauna e a flora aquática do reservatório e, com isso, a qualidade da água desta região.
- A qualidade da água constitui um fator muito importante pois, em fase mais avançada, pode vir a constituir não só um problema ambiental e econômico mas também um problema de saúde pública.
- Projetos ambientais visando ao desenvolvimento sustentável devem ser desenvolvidos, de forma que não se agride intensamente o meio ambiente.
- Este planejamento tem a obrigação de ressaltar a importância do ambiente para toda a região, diretamente tanto na economia como na saúde e no meio ambiente.

6 – Referências Bibliográficas

ALMEIDA FILHO, G. S; RIDENTE JÚNIOR. J.L; Diagnóstico, prognóstico e controle de erosão. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO. (7. : 2001 : Goiânia). Anais. Goiânia: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2001.

ARAÚJO, J. C., TEIXEIRA, L. R., MAMEDE, G. L. Assoreamento na bacia urbana de Santo Anastácio, Fortaleza: medidas e avaliação da contribuição per capita In: IV encontro nacional de engenharia de sedimentos, 2000, Santa Maria, RS. Anais. Santa Maria, RS: ABRH, 2000.

ARISTIZÁBAL, A.G; CORREA, H. A. Erosion. Manual de Conservacion de Suelos de Ladera. Centro Nacional de Investigaciones de Café. Chinchiná, Caldas, p 61-86, 1975

ART, H. W. (ed.) Dicionário de ecologia e ciências ambientais. São Paulo: UNESP / Melhoramentos, 2001.

BASSOI. L. J; GUAZELLI. M. R. Controle Ambiental da Água. In Curso de Gestão Ambiental, 2004.

BELLINAZZI, J. R; BERTOLINI, D; LOMBARDI NETO, F. A ocorrência de erosão urbana no Estado de São Paulo. In: Simpósio Sobre o Controle de Erosão, 2, 1981, São Paulo: ABGE. P. 117-137.

BERTONI, J. LOMBARDI NETO, F.; BENATI JÚNIOR, R. Conclusões gerais das pesquisas sobre conservação do solo no Instituto Agronômico. Campinas: Instituto Agronômico, 1972.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F.; BENATI JÚNIOR, R. Equação de perdas de solo. Campinas: Instituto Agronômico, 1975.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. Piracicaba: Livro Ceres. 1985, 392p.

BERTONI. J; LOMBARDI, N. F. Conservação do solo. Editora Ícone, São Paulo, 1990.

BIGARELLA, J.J, MAZUCHOWSKI, J. Z. Visão Integrada da Problemática da Erosão. Livro Guia do III Simpósio Nacional de Controle de Erosão, Maringá, 1985, 332p.

BUFON, A.G.M. Variação temporal e espacial da taxa de sedimentação e das características limnológicas na microbacia do córrego da Barrinha, no município de Pirassununga, SP .2002. 180f. Dissertação (Mestrado em Conservação e Manejo de Recursos) – Centro de Estudos Ambientais, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

BUFON, A.G.M. Estudo do Assoreamento e sua relação com a vida útil do reservatório / “represa Velha” /, Pirassununga, SP – Rio Claro, 2006. Tese (Doutorado). Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas.

CÂMARA, G, SOUZA, R.C.M., FREITAS, U.M., GARRIDO, J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. *Computers & Graphics*, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996.

CAMPOS, J. de O. Relato da seção técnica II. In: Simpósio Nacional de Controle de Erosão, 4;15-19 fev. 1987, Marília Anais. São Paulo: ABGE/DAEG, 1987.p.289-312.

CARVALHO, N. O. Hidrossedimentologia: prática. Rio de Janeiro: CPRM, 1994. 372p.

CARVALHO. N. O; ROCHA. P.M; PRODANOFF. J. H. A. Métodos de cálculo da descarga sólida e suas inconsistências, 2002.

CARVALHO. N. O; GUILHON. L. G; TRINDADE. P.A. O assoreamento de um pequeno reservatório devido efeito de enchente extraordinária-Itiquira,um estudo de caso.RBRH, Revista Brasileira de Recursos Hídricos,Volume 5, n 1. Jan/Mar 2000,68-79. Porto Alegre, RS.

CASSETI, W. (1991) Ambiente e Apropriação do Relevo. Editora Contexto, São Paulo, 147p.

CREPANI, E; MEDEIROS, J. S; HERNANDES FILHO, P; FLORENZANO, T. G; DUARTE, V & BARBOSA, C.C.F. Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico – Econômico e ao Ordenamento Territorial. São José dos Campos: INPE, 2001. 104p

CONTE. M. DE. L; LEOPOLDO. P. R. Transporte de sólidos em suspensão na bacia experimental do rio pardo – região de Botucatu/SP. *In revista Energia na agricultura* vol.14(1): pg1-11, 2002..

CHELLA, M. R.; OTA, J. J.; POVH, P. H. Simulação física do transporte de sedimentos e assoreamento em reservatórios. *In: XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, 2003, Curitiba. Anais do XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Porto Alegre: ABRH, 2003.

DENARDIN, J. E. Erodibilidade do solo estimada por meio de parâmetros físicos e químicos. 1990. 81f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

DIAZ, J. S. Manual de ingeniería para el control de erosión. Universidad Industrial de Santander, 1992.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999 . 412p.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – EPA. Erosion and sediment control. Washington: Surface Mining in the Eastern US, 1976. v.1.

FALKENMARK, M; SUPRAPTO, R.A. Population: landscape interactions in development: a water perspective to environmental sustainability. *In: Sweden: Royal Swedish Academy of Sciences, Ambio*, v.21, n.1, p.31-36, 1992.

FRANCO, M. A. R. Planejamento Ambiental para a cidade sustentável – São Paulo: Annablume: FAPESP, 2001

FERREIRA, A. B. H. Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1988.

FILIZOLA. N; COUTINHO. P; CARVALHO. N. O; LIMA. J. E. F. W; SCILEWSKI. L; REGO. A. Informações hidrossedimentométricas no Brasil, 2003..

GOIÁS/AGIM. SIG-Goiás - Sistema de Informações Geográficas do Estado de Goiás. Goiânia: Governo do Estado de Goiás, 2002. Cd room

GONÇALVES, J.C; FELICIDADE, N; MARTINS, R.C; LEME, A.A. Análise das Alterações de Comportamento do Mercado de Terras Rural Provocadas pela Implantação de Megaprojetos Hídricos. *In*: FELICIDADE, N. MARTINS, R.C. LEME, A.A (orgs). Uso e Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil: Velhos e Novos desafios para a Cidadania. – São Carlos/SP: RIMA, 2006. 238p.

GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. *In*: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. (eds). Geomorfologia: uma atualização, bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p.149-209, 1998.

GUERRA, A. T. & CUNHA, S. B da. Geomorfologia e Meio Ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand, 2ª ed. 1998.

GUIDICINI, G.; NIEBLE, C.M. Estabilidade de taludes naturais e de escavação. São Paulo: Blucher, 1984.

IBGE. Folha SD:23 Brasília: geologia, geomorfologia, vegetação, uso potencial da terra. Ed. Fac-similar. Rio de Janeiro: Projeto RADAM BRASIL, 1982 (Levantamento de recursos naturais; V.29).

IESA – Interacional de Engenharia. Aproveitamento hidroelétrico de São Félix – Usina Cana Brava. Relatório do Meio Ambiente físico, biológico, sócio-econômico e cultural. Rio de Janeiro, 1987.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. Controle de erosão: bases conceituais e técnicas, diretrizes para o planejamento urbano e regional, orientações para o controle de boçorocas urbanas. São Paulo: DAEE/IPT, 1990.

LEPSCH, I. (1977). Solos: formação e conservação. Edição Melhoramentos, SP.

LIMA, M. C. Contribuição ao estudo do processo evolutivo de boçorocas na área urbana de Manaus. Brasília, 1999. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia, Universidade de Brasília.

LOMBARDI NETO, F. Rainfall erosivity: its distribution and relationship with soil loss at Campinas. Brazil. 1977. 53 f. Dissertação (Master of Science) – Faculty of Purdue University, U.S.A.

LOMBARDI NETO, F. Universal soil loss equation (USLE): runoff erosivity factor, slope length exponent, and slope steepness exponent for individual storms. 1979. Tese (Doctor of Philosophy) – Faculty of Purdue University, U.S.A.

LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUR, W.C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas, SP. *Bragantia*, v.51, n.2, p. 189-196, 1992

MARQUES, J. J. G. S. M. *et al.* Índices de erosividade da chuva, perdas de solo e fator erodibilidade para dois solos da região dos cerrados – primeira aproximação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. V.21, n.1, p.427-444, 1997 a..

MARQUES, J. J. G. S. M. *et al.* Adequação de métodos indiretos para estimativa da erodibilidade de solos com horizonte B textural no Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.21, n.1, p.447 – 456, 1997b.

MARQUES, J. J. G. S. M. *et al.* Estimativa da erodibilidade a partir de atributos de solos com horizonte B textural no Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.21, n.1, p.457-465, 1997c.

MARQUES, J. Q. de A; BERTONI, J. & BARRETO, G. B. (1961). As Perdas por Erosão no Estado de São Paulo, in *Bragantia* 20(47), Campinas: 1143 – 1181.

MAHMOOD, K (1987). Reservoir sedimentation – impact, extent and mitigation. World Bank Tech. Paper No.71. Washington, DC.

MENDES, W. Relação entre os graus de delimitação do uso do solo por suscetibilidade à erosão e as unidades de mapeamento de solo. *Revista Brasileira de Geografia*. V.44 n.3, p. 445-476, 1982.

MENDES, A.B. Análise sinérgica da vida útil de um complexo hidrelétrico: caso do rio Araguaia, Brasil. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2005

NASCIMENTO, M. A. L. S. Bacia do Rio João Leite: influência das condições ambientais naturais e antrópicas na perda de terra por erosão laminar. Rio Claro, SP. 1998. 176p. Tese (Doutorado) – Curso de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

NAKAZAWA, V. A. Carta Geotécnica do Estado de São Paulo: Escala 1:500.000. Textos. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1994. v. 1, 22p

NOVO, E. L. de. Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações. 2.ed. São Paulo

KUROWSKI, G. Aspectos gerais da erosão no Norte do Paraná. Boletim Paranaense, n. 6/7, p. 3-25, 1962.

PONÇANO, W. L.; CHRISTOFOLETTI, A. Procedimentos estimativos para taxas de erosão pluvial em regiões tropicais. *In*: Simpósio Nacional de Controle de Erosão, 4., 1987.

OLIVEIRA, A. M. S. Depósitos tecnógenos e assoreamentos de reservatórios: exemplo do reservatório de Capivara, rio Paranapanema, SP/PR. 1994. Tese (doutorado em Geografia), Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

OLIVEIRA, M. A. T. de. Processos erosivos e preservação de áreas de risco de erosão por voçorocas. *In*: GUERRA, A. T. G; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M. (orgs.). Erosão e conservação dos solos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999, p. 57 - 99.

RAMALHO FILHO, A. & BEEK, K. J. Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras. 3. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1995. 65p.

RIBEIRO, J. F; WALTER, B, M. T; Fitofisionomias do Bioma Cerrado. *In*: SANO, S .M; ALMEIDA, S. P. (Eds). Cerrado. Ambiente e Flora. Planaltina: Embrapa, CPAC. 1998. 556p.

ROSS, J. L. S; Geomorfologia Aplicada aos Eias – Rimas. *In*: GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B. da. (orgs) Geomorfologia e Meio Ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996, p. 291 – 336.

ROUQUAYROL, M. Z, ALMEIDA FILHO, N de. Epidemiologia e saúde. 5^a ed. Rio de Janeiro: MEDSI; 1999.

SALOMÃO, F. X. de T; IWASA, O. Y. Erosão e ocupação rural e urbana. *In*: BITAR, O. Y. Curso de Geologia aplicada ao meio ambiente. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Divisão de Geologia, 1995. 247p. (Série Meio Ambiente).

SALOMÃO, F. X. de T. Controle e prevenção dos processos erosivos. *In*: GUERRA, A. J. T; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M. (Orgs). Erosão e Conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p.29-67.

SÃO PAULO. Controle de erosão: bases conceituais e técnicas; diretrizes para o planejamento urbano e regional, orientações para o controle de voçorocas urbanas. 2.ed. São Paulo: Secretaria de Energia e Saneamento, Departamento de Águas e Energia Elétrica, 1990. 92p.

SANTOS, R. M. M. Caracterização geotécnica e análise do processo evolutivo das erosões no município de Goiânia. 1997. Dissertação (mestrado em Geotecnia) – Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia, Universidade de Brasília, Brasília.

SANTOS, R. F dos. Planejamento Ambiental: teoria e prática. São Paulo: Oficina de Textos, 2004

SILVA, A. M da; SCHULZ, H. E. Estimativa e análise do fator topográfico (LS) da equação universal de perda de solo com o uso de aplicativo informatizado compatível com software de geoprocessamento, 2001.

SOUZA. P. A. P; A Importância do Uso de Bioindicadores de Qualidade: O Caso Específico das Águas, *In*: Uso e Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil, 2º Edição, Editora Rima, 2006.

SHEN, H. W; LAI, J. S. Sustain reservoir useful life by flushing sediment. *International Journal of Sediment Research*, Beijing, v. 11, n. 3, p. 11-17, 1996.

TRINDADE, A. G da; Caracterização das Áreas susceptíveis à erosão no município de Cujubim (RO) – Rio Claro: [s.n], 2001

VALEIRANO, M.de M. Estimativa das variáveis topográficas por geoprocessamento para modelagem da perda de solos. 1999. 146f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

VIEIRA, L. S. Manual da Ciência do Solo: Com ênfase aos Solos Tropicais. 2. ed. rev. E ampl. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1988. 464p.

VIEIRA, P. F. org. (1995). Meio Ambiente, desenvolvimento e cidadania. São Paulo, ed. Cortes.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses. Guide to conservation farming. U. S. Department of Agriculture Handbook, n. 537, 1968.

ZARONI, M. J; MENDONÇA, M. de L. Expansão da Fronteira Agrícola e Susceptibilidade de Alguns Solos da Amazônia à Erosão. *In: Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água*, 13, 500 anos de Uso do Solo no Brasil, 2000, Ilhéus. Anais... Ilhéus: SBCS, CD – ROM.