

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: GEOGRAFIA E GESTÃO DO TERRITÓRIO**

**AVALIAÇÃO DAS PERDAS DE SOLOS POR EROSÃO LAMINAR NA
ÁREA DE INFLUÊNCIA DA UHE AMADOR AGUIAR I**

JULIANA SOUSA PEREIRA

**UBERLÂNDIA/MG
2014**

JULIANA SOUSA PEREIRA

**AVALIAÇÃO DAS PERDAS DE SOLOS POR EROSÃO LAMINAR NA
ÁREA DE INFLUÊNCIA DA UHE AMADOR AGUIAR I**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Geografia.

Área de Concentração: Geografia e Gestão do Território.

Orientador: Prof. Dr. Silvio Carlos Rodrigues.

**UBERLÂNDIA/MG
2014**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

P436a Pereira, Juliana Sousa, 1985-
2014 Avaliação das perdas de solos por erosão laminar na área de
influência da UHE Amador Aguiar I / Juliana Sousa Pereira. - 2014.
170 f. : il.

Orientador: Sílvio Carlos Rodrigues.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Geografia.
Inclui bibliografia.

1. Geografia - Teses. 2. Geomorfologia - Teses. 3. Solos - Erosão -
Teses. 4. Solos - Conservação - Teses. I. Rodrigues, Sílvio Carlos. II.
Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em
Geografia. III. Título.

CDU: 910.1



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
Programa de Pós-Graduação em Geografia



JULIANA SOUSA PEREIRA

AVALIAÇÃO DAS PERDAS DE SOLOS POR EROSÃO LAMINAR
NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA UHE AMADOR AGUIAR I

Professor Dr. Sílvio Carlos Rodrigues - UFU

Professor Dr. Ricardo Reis Alves – UFOB

Professor Dr. Guilherme Resende Correa – UFU

Data: 29/09 de 2014

Resultado: aprovado com distinção

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A – Totais pluviométricos anuais (mm) da Estação Fazenda Letreiro-----	145
ANEXO B – Totais pluviométricos anuais (mm) da Estação Porto Saracura-----	147
ANEXO C – Totais pluviométricos anuais (mm) da Estação Araguari-----	148
ANEXO D – Totais pluviométricos anuais (mm) da Estação Estrela do Sul-----	150
ANEXO E – Totais pluviométricos anuais (mm) da Estação Cascalho Rico-----	152
ANEXO F – Totais pluviométricos anuais (mm) da Estação Uberlândia-----	153
ANEXO G – Erosividade da chuva\Estação Fazenda Letreiro (MJ.mm/ha.h.mês)-----	156
ANEXO H – Erosividade da chuva\Estação Porto Saracura (MJ.mm/ha.h.mês)-----	158
ANEXO I – Erosividade da chuva\Estação Araguari (MJ.mm/ha.h.mês)-----	159
ANEXO J – Erosividade da chuva\Estação Estrela do Sul (MJ.mm/ha.h.mês)-----	161
ANEXO K – Erosividade da chuva\Estação Cascalho Rico (MJ.mm/ha.h.mês)-----	163
ANEXO L – Erosividade da chuva\Estação Uberlândia (MJ.mm/ha.h.mês)-----	165
ANEXO M – Banco de dados granulométricos – Laboratório de Geomorfologia e Erosão dos Solos (LAGES)-----	167

*A Deus e a minha família,
pelo amor incondicional..*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pelo dom da vida e pelos cuidados dispensados a mim.

Agradeço aos que sempre rogam por mim em suas orações.

Agradeço a minha mãe Jane, minha irmã Ana Flávia e também aos meus avós Ranulpho e Orevalda, pelo amor e dedicação.

Ao Alessandro, pela compreensão e companheirismo.

Agradeço ao professor Dr. Silvio Carlos, a quem admiro muito, um grande pesquisador e mestre. Obrigada pela amizade, pelo carinho e principalmente pela paciência. Levarei as suas orientações e ensinamentos por toda a minha vida. Obrigada pelas oportunidades.

Agradeço aos professores do Instituto de Geografia (IG-UFU), pela grande contribuição na minha formação acadêmica, por me ensinar sobre as questões geográficas de maneira tão eficaz. Em especial, aos professores doutores, Paulo César, Vicente de Paulo, Gláucia Carvalho e Rita de Cássia.

Gostaria de expressar a minha gratidão ao professor Dr. António Sousa Pedrosa, pela amizade e também pelas orientações acadêmicas, que sempre foram dadas com bastante solicitude. Foi uma grande honra conhecê-lo, me lembrei da sua enorme força de vontade e otimismo.

Agradeço a todos os colegas que foram e que ainda são integrantes do LAGES (Laboratório de Geomorfologia e Erosão dos Solos), a Paula Cristina, Alcione, Dhúlia, Marina, Lízia e Thallita Isabela.

Agradeço aos meus colegas da pós-graduação, José Fernando, Iron, Renato Emanuel, Giliander e Gabriel Veloso.

Em especial agradeço ao Carlos Felipe, a Camilla Silva, ao Jean Bombonatto, ao Pedro Henrique, ao Fausto Miguel e ao Renato Junior, pela amizade e também pela ótima convivência no Laboratório de Geomorfologia e Erosão dos Solos.

Agradeço as minhas eternas amigas, Juliana Mendonça e Juliana Crosara pelo companheirismo, sobretudo, agradeço pela amizade.

Agradeço ao professor Dr. Roberto Rosa e ao professor Dr. Vanderlei de Oliveira pelas contribuições durante a qualificação da minha dissertação.

Agradeço ao professor Dr. Guilherme Resende Corrêa e professor Dr. Ricardo Reis Alves pela participação da banca de defesa da dissertação.

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de pesquisa concedida.

*“Feliz é o homem que acha sabedoria,
e o homem que adquire entendimento”.*
Provérbios 3.13

RESUMO

A erosão do solo é um processo natural de morfogênese das vertentes e acontece continuamente sobre a superfície terrestre. O desencadeamento dos processos erosivos depende da interação das variáveis influentes no processo, como a erosividade da chuva, propriedade do solo, cobertura vegetal, característica da encosta e manejo do solo. A erosão laminar é originada quando a energia do escoamento superficial é maior que as forças de coesão que mantêm as partículas do solo juntas. Esse tipo de erosão ocorre de forma difusa, sem o desenvolvimento de fluxos canalizados visíveis, entretanto, pode ocasionar perdas significativas de solos durante um único evento pluviométrico. O presente trabalho teve como objetivo estimar a perda de solo por erosão laminar na área de influência da UHE Amador Aguiar I, inserida na Bacia do Rio Araguari-MG, através do modelo *Universal Soil Loss Equation* (USLE). Os modelos matemáticos de erosão têm se mostrado eficazes na avaliação quantitativa e qualitativa de perdas de solos, apresentando relevância na modelagem preditiva de áreas agrícolas e também de áreas com reservatórios para exploração hídrica. Neste contexto, a utilização desses modelos, juntamente com a averiguação em campo das variáveis avaliadas, traz importante contribuição para o diagnóstico de uma bacia hidrográfica. A USLE aliada a um Sistema de Informação Geográfica – SIG possibilita a quantificação de perdas de solos sob as diversas condições fisiográficas. O cálculo da perda anual de solos para a área de estudo foi conseguido por meio da elaboração de mapas temáticos dos componentes das USLE, a saber: Fator R; Fator K; Fator LS; Fator C e Fator P. Os componentes da USLE foram avaliados de maneira individualizada, neste contexto, a erosividade média anual para a área é de aproximadamente $8881,9 \text{ MJ.mm.ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, considerada alta de acordo com a classificação de MELLO et al.,(2007). Os Latossolos possuem erodibilidade (Fator K) média a alta, enquanto os Argissolos e os Cambissolos possuem erodibilidade muito alta, acima de $0,051 \text{ t.ha.h/ha.MJ.mm}$. Esses últimos tipos pedológicos estão distribuído em trechos de relevo com declividades acentuadas, em área de *Canyon*, apresentando grande susceptibilidade à erosão hídrica. O fator topográfico (LS) apresentou grande variação, atingindo valores superiores a 80, devido à predominância de declives acentuados próximos ao fundo do vale do Rio Araguari. Na área de estudo as pastagens possuem maior abrangência, porém, o uso do solo é caracterizado também pelas áreas de vegetação arbórea e pela agricultura. Nesse sentido, para a cobertura vegetal (Fator C) as classes adotadas foram: 0 (proteção do solo) e 1 (solo sem proteção), quanto as práticas conservacionistas (Fator P), os valores variaram de 0 a 0,5 respectivamente. A taxa anual de erosão estimada oscila conforme as características fisiográficas da área, alcançando o valor máximo de 23,5 toneladas por ano. Nesta perspectiva, este trabalho poderá contribuir com os órgãos gestores da bacia, visto que indicará a quantidade de solo perdida evidenciando simultaneamente as áreas mais suscetíveis a erosão laminar.

Palavras chaves: erosão laminar, USLE, conservação do solo, bacia hidrográfica, área de influência.

ABSTRACT

Soil erosion is a natural process of the morphogenesis of strands and continually happens on the earth's surface. The onset of erosion depends on the interaction of influential variables in the process, as the rainfall erosivity, soil property, plant cover, slope characteristic and soil management. The sheet erosion; is caused when the energy of the flow surface is larger than the cohesive forces which keep soil particles together. This type of erosion happen in a diffuse manner without developing visible channeled flow, however, may cause significant loss of soil during a single rainfall event. This study aimed to estimate soil loss by sheet erosion in the catchment area of UHE Amador Aguiar I, inserted into Araguari River Basin-MG through the Universal Soil Loss Equation model (USLE). Mathematical models of erosion have been proven effective in quantitative and qualitative assessment of soil losses, with relevance in predictive modeling of agricultural areas and also areas with reservoirs for water exploration. In this context, the use of these models, along with the field investigation of variables evaluated, brings an important contribution to the diagnosis of a watershed. The USLE combined with a Geographic Information System - GIS enables the quantification of losses from soils under various physiographic conditions. The calculation of the annual soil loss for the study area was achieved through the elaboration of thematic maps of the components of USLE, namely: Factor R; Factor K; factor LS; Factor C and Factor P. The components of USLE were evaluated on an individual basis, in this context, the annual erosivity average for the area is approximately $8881.9 \text{ MJ.mm.ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$, considered high according to the classification of Mello et al. (2007). Latossolos have medium to high erodibility (K factor), while the Argissolos and Cambissolos have very high erodibility, above $0,051 \text{ t.ha.h}^{-1} \text{ ha.MJ.mm}^{-1}$. These recent pedological types are distributed in patches of relief with steep slopes, in an area of Canyon, showing great susceptibility to water erosion. The topographic factor (LS) showed large variations, reaching values higher than 80, due to the predominance of steep slopes near the bottom of Araguari River valley. In the study area pastures have greater coverage, however, the land use is also characterized by areas of woody vegetation and agriculture. Accordingly, for the vegetation cover (Factor C) classes adopted were: 0 (soil protection) and 1 (soil without protection), moreover the conservation regarding practices (P factor), values ranged from 0 to 0.5 respectively. The annual estimated rate of erosion varies according to the physiographic features of the area, reaching the maximum of $23,5 \text{ t.ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$. In the perspective, this study may contribute to the management bodies of the basin, since it will indicate the amount of soil loss simultaneously highlighting the areas most susceptible to sheet erosion.

Key Words: sheet erosion, USLE, soil conservation, watershed, area of influence.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Afloramento Rochoso - Grupo Araxá	50
Figura 2 - Planalto Tabular localizado nas proximidades da área urbana de Uberlândia	57
Figura 3 - Área de pastagens em Planalto Dissecado	59
Figura 4 - Área ocupada por formações florestais e pastagens no vale do Rio Araguari	66

LISTA DE FLUXOGRAMAS

Fluxograma 1 - Procedimentos operacionais realizados para a determinação do Fator R da USLE	77
Fluxograma 1 - Procedimentos operacionais realizados para a determinação do Fator K da USLE	81
Fluxograma 2 - Procedimentos operacionais realizados para a determinação do Fator LS da USLE	84
Fluxograma 3 - Procedimentos operacionais para a determinação do Fator C da USLE	86
Fluxograma 4 - Procedimentos operacionais realizados para o cálculo do Fator P da USLE	87

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Distribuição das classes de ocupação do solo na área de estudo	66
Gráfico 1 - Semivariograma gerado pelo ArcGis 9.3.1. Indica a dependência espacial dos valores da erosividade da chuva	78
Gráfico 3 - Precipitação pluviométrica média mensal	91
Gráfico 2 - Erosividade média por estação pluviométrica	95
Gráfico 3 - Histograma da distribuição da precipitação pluviométrica	102

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 - Localização da área de estudo	46
Mapa 2 - Unidades Geológicas da área de estudo	53
Mapa 3 - Declividade da área de estudo	55
Mapa 4 - Unidades de Relevo da área de estudo	56
Mapa 3 - Hipsometria da área de estudo	58
Mapa 4 - Solos da área de estudo	63
Mapa 5 - Uso do solo na área de estudo	67
Mapa 6 - Estações Pluviométricas próximas a Área de Influência da UHE Amador Aguiar I	75
Mapa 7 - Distribuição da erosividade anual na área de estudo	104
Mapa 8 - Erodibilidade dos solos na área de estudo	110
Mapa 11 - Comprimento de rampa e declividade da área de estudo (Fator LS)	113
Mapa 9 - Cobertura vegetal da área de estudo	115
Mapa 13 - Valores das práticas conservacionistas da área de estudo	118
Mapa 10 - Distribuição da perda de solos na área de estudo	122

LISTA DE MOSAICOS

Mosaico 1 - Basaltos da Formação Serra Geral	51
Mosaico 2 - Canyon do Rio Araguari e Reservatório da UHE Amador Aguiar	60
Mosaico 3 - Diferentes usos do solo na Área de Influência da UHE Amador Aguiar I	65
Mosaico 3 - Seleção dos mapas pluviométricos produzidos por diferentes modelos de Krigagem	101
Mosaico 4 - Áreas com ausência de vegetação, outubro, 2013	119
Mosaico 5 - Práticas conservacionistas e erosão dos solos na área de Influência da UHE-AAI, outubro, 2013	123

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Características das estações pluviométricas utilizadas para o cálculo da erosividade das chuvas na área de estudo	74
Tabela 1 - Divisão granulométrica do solo conforme o diâmetro das partículas	80
Tabela 2 - Totais pluviométricos (mm) anuais entre 1978 e 2011	93
Tabela 3 - Erosividade anual (MJ.mm.ha ⁻¹ .h ⁻¹) por estação pluviométrica	96
Tabela 4 - Classificação da erosividade das chuvas de acordo com Beltrame (1994)	97
Tabela 6 - Erosividade média anual para o Estado de Minas Gerais	98
Tabela 7 - Determinação da erodibilidade dos solos, Fator K da USLE	106
Tabela 5 - Classificação da erodibilidade dos solos	107
Tabela 9 – Grau de erosão segundo a proposta da FAO, UNEP e UNESCO (1981) apud Almorox (1994) e Valente et al. (2001)	121

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Valores atribuídos às Práticas Conservacionistas	89
Quadro 2 – Valores do Fator K para diferentes localidades do Brasil	109

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
1 JUSTIFICATIVA.....	19
1.1 <i>Objetivo Geral</i>.....	22
1.2 <i>Objetivos específicos</i>.....	22
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA	23
2.1 <i>Bacia Hidrográfica</i>.....	23
2.2 <i>Erosão dos solos</i>	27
2.3 <i>Modelos de Predição de Erosão</i>.....	31
2.4 <i>O modelo USLE</i>.....	37
2.4.1 <i>Fator erosividade da chuva (R)</i>.....	38
2.4.2 <i>Fator erodibilidade do solo (K)</i>	39
2.4.3 <i>Fator Comprimento de rampa e declividade (LS)</i>	40
2.4.4 <i>Fator Cobertura vegetal e práticas conservacionistas (CP)</i>.....	41
3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	44
3.1 <i>Localização da área de estudo</i>	44
3.2 <i>Caracterização Climática</i>	47
3.3 <i>Caracterização Geológica</i>	48
3.3.1 <i>Suíte Jurubatuba</i>	49
3.3.2 <i>Grupo Araxá</i>	49
3.3.3 <i>Formação Serra Geral</i>.....	50
3.3.4 <i>Formação Marília</i>.....	51
3.3.5 <i>Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas</i>.....	52
3.4 <i>Caracterização Geomorfológica</i>	54
3.5 <i>Caracterização Pedológica</i>.....	60
3.6 <i>Cobertura Vegetal e Uso do Solo</i>.....	64
4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E OPERACIONAIS	68
4.1 <i>Banco de Dados e Base Cartográfica</i>.....	68
4.1.2 <i>Mapa das Unidades Geológicas</i>	69
4.1.3 <i>Mapa Clinográfico</i>.....	69

4.1.4 <i>Mapa das Unidades Geomorfológicas</i>	70
4.1.5 <i>Mapa das unidades pedológicas</i>	71
4.1.6 <i>Mapa de Uso da Terra e Cobertura Vegetal</i>	72
4.2 Determinação dos fatores da USLE	72
4.2.1 <i>Determinação da erosividade das chuvas - Fator R</i>	73
4.2.2 <i>Determinação da erodibilidade dos solos - Fator K</i>	78
4.2.3 <i>Determinação do comprimento de rampa e declividade – Fator LS</i>	81
4.2.4 <i>Determinação da cobertura vegetal e Práticas Conservacionistas - Fator CP</i>	84
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	89
5.1 Fator R.....	89
5.1.1 <i>Krigagem</i>	99
5.2 Fator K.....	105
5.3 Fator LS.....	111
5.4 Fator CP	114
5.5 <i>Mapa de Perdas de Solos por Erosão Laminar</i>	120
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	125
7 REFERÊNCIAS	129

INTRODUÇÃO

O solo se configura como um dos mais importantes componentes do meio físico, apresentando-se como o responsável pelo suporte das atividades humanas. É o recurso que suporta a cobertura vegetal da terra, sem a qual não seria possível a existência dos seres humanos.

A erosão do solo tem se constituído um assunto relevante no Brasil e em vários outros países, em virtude dos expressivos prejuízos de ordem física, financeira e social. A preocupação em compreender a dinâmica dos processos erosivos e os impactos gerados, assim como, o desenvolvimento de metodologias de investigação e até mesmo a elaboração de técnicas de mitigação, faz com que essa temática esteja em constante vigência.

A erosão dos solos é um fenômeno natural de morfogênese das vertentes, entretanto, em determinados ambientes a evolução dos processos erosivos pode ser acelerada pelas próprias características naturais e também pela ação antrópica. Desde os primórdios da humanidade o homem procura de várias formas, obter o maior aproveitamento dos recursos naturais. Não obstante, foi com o advento das técnicas modernas que a natureza se tornou subjugada aos interesses humanos, com a finalidade de alcançar maior produtividade, sem grandes preocupações ambientais.

Diante as diversas interferências do homem no ambiente, se faz necessário na compreensão da dinâmica ambiental, entender o comportamento dos elementos de formação da paisagem. Entendendo também, o desenvolvimento dos processos erosivos naturais ou acelerados pelas atividades humanas em áreas afetadas por grandes empreendimentos, ou por outras atividades, como a pecuária, a agricultura, a urbanização, dentre outros.

Considerando as usinas hidrelétricas é sabido, que o assoreamento dos lagos pode diminuir o tempo de vida útil desses empreendimentos, acarretando prejuízos econômicos e ambientais. No que tange as atividades agrícolas e agropecuárias, os danos causados podem culminar no empobrecimento dos solos e também na desvalorização da propriedade rural.

O conhecimento das relações entre os fatores que causam as perdas de solo e os que permitem diminui-las é de grande valor para o planejamento conservacionista de uma bacia hidrográfica. Sendo assim, é fundamental a adoção de medidas preventivas contra as perdas de solos e também mitigadoras para os impactos gerados.

Atualmente, existem vários modelos matemáticos para predizer e quantificar a erosão laminar. A quantidade significativa de perdas de solos no Brasil evidencia a necessidade do desenvolvimento de pesquisas voltadas para essa temática. Neste contexto, o emprego de modelos matemáticos tem se mostrado eficaz na avaliação qualitativa e quantitativa de perdas de solos, apresentando relevância na modelagem preditiva de áreas agrícolas e também de áreas com reservatórios para exploração hídrica.

A utilização desses modelos, somada a averiguação em campo das variáveis analisadas, traz importante contribuição para o diagnóstico de uma bacia hidrográfica. Sendo assim, o uso da *Universal Soil Loss Equation* (USLE), auxilia na avaliação dos fenômenos permitindo a análise da dinâmica erosiva. Possibilitando uma melhor definição, no tocante a elaboração de diretrizes e planos voltados para conservação e aproveitamento ambiental.

Nessa conjuntura, será avaliada a perda de solos por erosão laminar na Área de Influência da UHE Amador Aguiar I, inserida na Bacia do Rio Araguari no Estado de Minas Gerais, com a utilização da USLE.

1 - JUSTIFICATIVA

Diversos autores destacam que a cada ano em todo território brasileiro são perdidos milhões de toneladas de solo agrícola devido à erosão laminar. As perdas anuais de solo em áreas ocupadas por lavouras e pastagens, ultrapassam 500 milhões de toneladas, acarretando custos adicionais para as propriedades rurais e também prejuízos econômicos e ambientais para o país (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2012; LEPSCH, 2010).

Pesquisas relacionadas à qualidade de água e a produção de sedimentos em alguns córregos pertencentes à área de estudo têm demonstrado a existência de erosões e as suas relações com as atividades antrópicas. Os estudos realizados por Oliveira (2006) indicam a ocorrência de sulcos e ravinas ao longo da bacia hidrográfica do córrego Pindaíba¹ e consequentemente o assoreamento das suas margens, sobretudo próximo à sua foz.

Silva (2010) constatou que em determinados períodos do ano, os níveis de oxigênio² dissolvido na água em alguns córregos afluentes do Trecho de Vazão Reduzida (TVR)³, estavam abaixo do recomendado pela legislação ambiental. Outro diagnóstico realizado faz referência ao teor de ferro⁴ e fósforo⁵ dissolvido em água, ambos apresentaram concentrações acima do permitido e possuem relação direta com a agricultura. Para o autor as atividades humanas são as principais responsáveis pela degradação ambiental no TVR, acabando por interferir na qualidade dos recursos hídricos.

Chuquipiondo (2007), em sua pesquisa no TVR realizou vários ensaios de erodibilidade dos solos e comprovou que o aceleramento do processo de erosão hídrica na área está associado,

¹ Córrego pertencente à área de influência da UHE Amador Aguiar I.

² (mg/l O₂)

³ TVR pertencente à área de influência da UHE Amador Aguiar I. É o único trecho natural do Rio Araguari.

⁴ (mg/l Fe).

⁵ (mg/l P).

principalmente, ao desmatamento e ao uso intensivo de pastagens, acabando por aumentar a compactação e, por conseguinte dificultar a infiltração da água no solo.

Considerando essa problemática, fica evidente a necessidade do desenvolvimento de pesquisas na área deste estudo. O presente trabalho contribuirá para a quantificação da perda de solos e também para a avaliação da erosão laminar na Área de Influência da UHE Amador Aguiar I, caracterizada pelo relevo de Patamares e Canyon, constituída de litologias e declividades distintas.

Essa compartimentação geomorfológica juntamente com a variabilidade de solos e de fitofisionomias de cerrado, bem como, diferentes usos da terra tornam esta pesquisa interessante, contribuindo para o entendimento da dinâmica erosiva em áreas com relativa heterogeneidade.

Os estudos realizados em bacias de drenagens são de grande valia para os órgãos gestores de bacias hidrográficas, como as ABHA (Associação Multissetorial de Usuários de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari), responsáveis por planejar o uso dos recursos hídricos, se constituindo uma entidade de apoio técnico e suporte operacional.

Neste contexto, este trabalho colaborará com a ABHA do Rio Araguari, visto que, indicará a quantidade de solo perdida na área de influência do reservatório UHE Amador Aguiar I, pertencente à Bacia do rio Araguari. Não existem trabalhos específicos e/ou em maior detalhe relacionados à quantificação das taxas de erosão para este local, sendo esta, uma pesquisa necessária.

De acordo com Tricart (1977), os estudos voltados para as questões ambientais corroboram para o cumprimento do papel da ciência, que é cooperar para o bem público. Nesse sentido, ao quantificar as perdas de solos é possível identificar as áreas com maior ocorrência de erosão laminar e assim auxiliar os órgãos responsáveis pela gestão da bacia, no que diz respeito ao entendimento da dinâmica ambiental frente à interferência antrópica.

A boa gestão dessa unidade da paisagem beneficia toda a sociedade. Evitar que os impactos alcancem proporções expressivas é fundamental para o ordenamento do território.

A modelagem da erosão tem se configurado como um método eficiente para estimativa das perdas de solos. Uma vez que, os modelos desenvolvidos são estruturados para fornecer uma descrição aproximada da realidade, levando em consideração as diversas interações entre os fatores que afetam a erosão. Além de, apresentar relativa padronização de metodologia para determinação das variáveis utilizadas, a modelagem preditiva permite também a comparação entre os resultados alcançados.

Entretanto, muitos modelos possuem sua base de dados restrita, limitando o seu aproveitamento em regiões com condições edafoclimáticas distintas das quais o modelo foi originalmente desenvolvido.

Existem modelos que exprimem maior complexidade, sendo capazes de estimar a perda de solos e a deposição de sedimentos oriundos do escoamento superficial em encostas e também em reservatórios, permitindo inclusive a determinação da sua distribuição espacial e temporal.

Contudo, exigem um número significativo de parâmetros de entrada para a sua aplicação.

Considerando que a montagem de um banco de dados que permita a utilização desses modelos mais complexos, demanda ampla pesquisa para a obtenção dos seus componentes, e grande investimento de tempo e recursos financeiros, a sua utilização em localidades com pouca disponibilidade de dados acaba por se tornar limitada. No Brasil pouco são os estudos voltados para a avaliação e comparação dos modelos, dificultando o seu aproveitamento em nosso ambiente.

Diante da conjuntura supracitada, para as estimativas de perdas de solos na área de influência da UHE Amador Aguiar I, escolheu-se pela utilização do modelo matemático, *Universal Soil Loss Equation* (USLE), que frente aos modelos preditivos mais complexos exige uma

quantidade relativamente pequena de parâmetros de entrada. Além de ser uma equação muito conhecida e estudada.

1.1 Objetivo geral

O objetivo do presente trabalho é estimar a perda de solo por erosão laminar na área de influência da UHE Amador Aguiar I, através do modelo *Universal Soil Loss Equation* (USLE).

1.2 Objetivos específicos

- ✓ Determinar os fatores integrantes da USLE,
- ✓ Integrar os dados da USLE através de um Sistema de Informações Geográficas (SIG),
- ✓ Espacializar os fatores da USLE,
- ✓ Elaborar um mapa de perdas de solos por erosão laminar com o modelo USLE,
- ✓ Identificar às áreas mais susceptíveis a erosão laminar.

2 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA

*“Eu nunca guardei rebanhos,
Mas é como se os guardasse.
Minha alma é como um pastor,
Conhece o vento e o sol
E anda pela mão das Estações
A seguir e a olhar.*

*Toda a paz da Natureza sem gente
Vem sentar-se a meu lado.
Mas eu fico triste como um pôr de sol
Para a nossa imaginação,
Quando esfria no fundo da planície
E se sente a noite entrada
Como uma borboleta pela janela”.
Alberto Caeiro [Fernando Pessoa]*

2.1 Bacia Hidrográfica

A bacia hidrográfica é uma unidade geomorfológica fundamental da superfície terrestre, se constitui uma área ideal para o planejamento do manejo dos recursos naturais. A noção de bacia vincula naturalmente, a existência de divisores d'água, cabeceiras ou nascentes, cursos d'água principais, afluentes, subafluentes, bem como, uma hierarquização dos canais escoadouros e uma distribuição dos solos predominantes (TUCCI, 2004). Entretanto, essa definição dependerá do ambiente analisado, em áreas desérticas e glaciais a estrutura de drenagem é outra.

Christofoletti (1980) define bacia hidrográfica como a área drenada por um rio ou por um sistema fluvial. A quantidade de água que atinge os cursos fluviais depende da dimensão da área ocupada pela bacia, da precipitação total e das perdas relacionadas à evapotranspiração e à infiltração.

Ainda para Christofoletti (1980), as bacias de drenagens podem ser classificadas, com base no escoamento global, sendo exorreicas, endorreicas, arreicas e criptorreicas. As bacias exorreicas, são aquelas cujo escoamento das águas se faz de modo contínuo até o mar ou

oceano. As bacias endorreicas, apresentam drenagens internas e não possuem escoamento até o mar.

Nas bacias arreicas, não existe nenhuma estruturação em forma de bacia, como nas áreas desérticas, onde a precipitação é ineficiente e a atividade dunária é intensa, acabando por esconder as linhas e os padrões de drenagem. Agora, as bacias criptorreicas, são as bacias subterrâneas, como nas áreas cársicas (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Para Guerra (2008), a bacia hidrográfica é o conjunto de terras drenadas por um rio principal juntamente com os seus afluentes. É considerada uma unidade dinâmica, devido as constantes modificações ocorridas em toda sua área pelo efeito dos agentes erosivos, que acabam por alargar ou diminuir a extensão da bacia.

Coelho Netto (2008), caracteriza a bacia de drenagem como uma área da superfície terrestre que drena a água, os sedimentos e os materiais dissolvidos para uma saída comum. Esta unidade de paisagem apresenta diferentes tamanhos e possui como componentes, as encostas, topos ou cristas, fundo de vales, canais, corpos de água subterrânea, sistemas de drenagens urbanas e áreas irrigadas, entre outras unidades espaciais.

As encostas são os espaços físicos situados entre os fundos de vales e os topos ou cristas da superfície, e que definem as amplitudes do relevo juntamente com o seus gradientes topográficos (COELHO NETTO, 2008). Dylík⁶ (1968) apud Christofolletti (1980, p. 26), define vertente⁷ como “uma forma tridimensional que foi modelada pelos processos de denudação, atuantes no presente ou no passado, representando a conexão dinâmica entre o interflúvio e o fundo do vale”.

⁶ DYLIK, J. Notion du versant en Géomorphologie, **Bull. de l'Acad. Polonaise des Sciences** (1968), 16 (2), p.125-132

⁷ Outra denominação para encosta.

Coelho Netto afirma que entre os topos e os fundos de vales, os sedimentos e os diferentes elementos detriticos ou solúveis estão em constante circulação através dos mecanismos associados às águas, juntamente com as forças gravitacionais. Nesse sentido, os fundos de vales podem transferir os materiais transportados das encostas para a jusante, representando a principal via de exportação de água, sedimentos e elementos solúveis das bacias hidrográficas.

A topografia da bacia possui um papel importante no que diz respeito ao equilíbrio das encostas. Notadamente, porque as características naturais podem contribuir para a erosão potencial e também para os desequilíbrios ambientais das bacias de drenagem por meio da topografia, da geologia, dos solos e do clima (CUNHA; GUERRA, 2011).

Segundo Chorley⁸ (1962) apud Cunha e Guerra (2011), a bacia hidrográfica é um sistema aberto, no qual existem constantes trocas de energias. “As bacias de drenagem recebem a energia fornecida pela atuação do clima e da tectônica local, eliminando fluxos energéticos pela saída de água, sedimentos e solúveis” (CUNHA e GUERRA, 2011, p.353). Nesse sistema, os cursos de água são importantes modeladores das paisagens, fundamentais na esculturação do relevo (CUNHA; GUERRA, 2011; COELHO NETTO, 2008).

As bacias hidrográficas integram uma visão conjunta do comportamento das condições naturais e também das atividades humanas nelas desenvolvidas. Principalmente pelo fato, que as modificações expressivas efetuadas nessas unidades podem gerar alterações e/ou impactos a jusante e nos fluxos energéticos de saída (CUNHA; GUERRA, 2011). Interferindo tanto no planejamento local quanto no regional (COELHO NETTO, 2008).

Ultimamente o homem tem se configurado como agente acelerador dos processos modificadores e dos desequilíbrios da paisagem. Assim, os problemas relacionados à erosão, a

⁸ CHORLEY, R. J. Geomorphology and the general systems theory U.S. **Geol. Survey Prof. Paper**, 500-B, 1962, p.10.

perda de fertilidade natural dos solos e ao assoreamento dos cursos d'água se destacam no cenário das preocupações ambientais (CUNHA; GUERRA, 2011).

As práticas agrícolas desprovidas de manejo correto, o desmatamento, o superpastoreio e a urbanização facilitam a retirada de solos das encostas. Para Penteado (1978, p.79) “os solos refletem um equilíbrio frágil entre relevo, clima e vegetação” sendo que, as alterações humanas aceleram os processos morfogenéticos, acelerando também a evolução das vertentes.

As chuvas concentradas associadas às declividades acentuadas, aos espessos mantos de intemperismos e ao desmatamento, podem gerar áreas potenciais de erosão (CUNHA; GUERRA, 2011). A retirada da vegetação favorece o escoamento superficial e a diminuição da infiltração. Os processos erosivos nas encostas podem ocasionar a alteração na dinâmica hídrica, devido ao aumento dos sedimentos transportados para a calha fluvial (CUNHA; GUERRA, 2011; PENTEADO, 1978).

Nesta perspectiva, os sedimentos oriundos da erosão laminar, se acumulam nas baixas vertentes e ainda nos cursos d'água (RITTER; ENG, 2012). O depósito de sedimentos acarreta o assoreamento das nascentes dos rios e reduz a disponibilidade hídrica dos reservatórios.

O assoreamento dos cursos de água e dos reservatórios naturais e artificiais constitui um dos principais impactos gerados pela erosão em uma bacia hidrográfica (CHUQUIPIONDO, 2007). Segundo Guerra (2008), o assoreamento está intimamente relacionado ao desencadeamento dos processos erosivos, isso porque, a erosão produz desagregação das partículas que são carreadas até os cursos de água.

Chuquipiondo (2007), afirma que, quanto maior for à geração de sedimentos pelos processos erosivos a montante do reservatório, maior também será a quantidade de sedimentos aportados para o seu interior. Diante disso, pode ocorrer a diminuição da capacidade de

armazenamento devido à sedimentação; a diminuição do potencial de geração de energia elétrica; o desequilíbrio na oxigenação e o aumento da turbidez dos corpos hídricos.

Existem muitas formas de impedir a acumulação de sedimentos, todavia, para propor as medidas de prevenção e mitigação é necessário conhecer a magnitude da geração de sedimentos, bem como, ás áreas que apresentam maior susceptibilidade aos processos erosivos. Devido aos diversos danos causados pela erosão, o conhecimento dos processos erosivos que ocorrem nas bacias de contribuição dos reservatórios é essencial para o entendimento dos fenômenos de geração e transporte dos sedimentos, bem como, para a sua quantificação (CARVALHO et al., 2006).

2.2 Erosão dos solos

Comumente a erosão é definida como um processo pelo qual as partículas de solos são retiradas e transportadas pela ação da água, do vento e também por outros agentes (BERTONI; LOMBARDI NETO⁹, 2012; LESSA et al., 2007; RICHTER, 1998; WISCHMEIER; SMITH, 1965).

A erosão do solo se configura como um processo geomorfológico natural que ocorre continuamente sobre a superfície terrestre. Iniciando quando a energia do vento, da chuva ou do escoamento superficial é maior que as forças de coesão que mantêm as partículas do solo juntas (GUERRA, 2008; MORGAN, 2005; ZHANG; O'NEIL; LACEY, 1996).

A erosão dos solos acontece em três fases, à primeira está relacionada à retirada das partículas do solo, a segunda consiste no transporte dessas partículas, e a terceira fase acontece quando a

⁹ Os trabalhos dos autores foram desenvolvidos da década de 1980. A obra utilizada nesta dissertação é uma reimpressão de 2012.

energia é insuficiente para transportar este material, permitindo então a sua deposição (GUERRA, 2008; MENDES, 2006; MORGAN, 2005).

Esse fenômeno tem início quando as gotas de chuva caem sobre o solo e rompem seus grânulos e torrões, transformando-os em partículas menores, causando a compactação e consequentemente a diminuição da capacidade de infiltração dos solos (RESENDE; ALMEIDA¹⁰, 1985 apud TOMAZONI; GUIMARÃES, 2005).

O processo de erosão dos solos é complexo em sua natureza, por relacionar diretamente, vários fatores vinculados às características dos solos, à intensidade das chuvas e a presença ou ausência de cobertura vegetal (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2012; SCHICK et al., 2000; ZHANG; O'NEIL; LACEY, 1996).

Bertoni e Lombardi Neto (2012) dividem os fatores causadores da erosão em forças ativas, representadas pelas chuvas, declividade, característica da vertente e a capacidade de infiltração do solo. E em forças passivas, a resistência do solo a ação erosiva e a densidade da cobertura vegetal. Outro fator importante a ser considerado no desencadeamento da erosão é o manejo dos solos. O aceleramento dos processos erosivos em determinados ambientes tem sido potencializado pelo manejo incorreto.

Wischmeier e Smith (1965), afirmam que características do clima, do solo, da topografia e da vegetação são consideradas determinantes nos índices de erosão hídrica. A saber, índices pluviométricos, resistência do solo à desagregação, topografia e a característica da cobertura do solo. Embora, a ação desses fatores de maneira individualizada não consiga provocar erosão, é justamente à interação entre eles que desencadeia os processos erosivos. Porém, como os três primeiros fatores não podem ser facilmente modificados, a cobertura do solo e o manejo das culturas assumem maior peso nesse aspecto.

¹⁰ RESENDE, M.; ALMEIDA, J. R. Modelos de Predição de Perdas de Solo: Uma ferramenta para Manejo e Conservação do Solo. *Inf. Agropecuário* 11(128), Belo Horizonte, ago.1985, p38-53.

A erosão hídrica é analisada de acordo com a sua forma de manifestação na superfície do terreno, sendo diferenciadas em laminar, ravinas e em voçorocas. A erosão laminar compreende a remoção de camadas de solos de forma mais ou menos uniforme sobre a superfície de uma área, resultante do escoamento superficial na forma de fluxo laminar delgado ou turbulento (GUERRA, 2008; RITTER; ENG, 2012).

A erosão em ravinas é caracterizada pela formação de canais pequenos e bem definidos na superfície do solo, com ocorrência de escoamento superficial na forma de fluxo concentrado. Essas formas podem ser facilmente obliteradas por maquinários agrícolas, ou até mesmo, por novos eventos chuvosos, que acabam por determinar o estabelecimento de uma nova rede de ravinas. Nesse sentido, as ravinas são consideradas características efêmeras na paisagem. (GUERRA, 2008; RITTER; ENG, 2012).

Bertoni e Lombardi Neto (2012), Guerra (2008), Oliveira (2007); Ritter e Eng (2012) definem as voçorocas como um estágio avançado da erosão em sulcos. Com relação à classificação dessa forma erosiva, ainda não existe consenso entre os pesquisadores, provocando vários debates a respeito das dimensões e gênese das voçorocas.

Alguns estudiosos afirmam que o estágio de voçoroca acontece quando a incisão no solo atinge o lençol freático. Outros classificam segundo a possibilidade ou não de obliteração por máquinas agrícolas ou até mesmo estabelecem padrões relacionados ao diâmetro e profundidade para definirem tal feição (GUERRA, 2008).

Outra possibilidade de formação de voçorocas se dá pelo escoamento subsuperficial, responsável pelo transporte de água e sedimentos por meio de dutos em subsuperfície. O aumento da precipitação provoca o alargamento desses dutos e o colapso do material acima, originando assim, as voçorocas (GUERRA, 2008; RITTER; ENG, 2012).

A erosão laminar apresenta poucos sinais no próprio local de ocorrência, porém, é percebida com o aumento da turbidez dos corpos d'água, pela coloração mais clara do solo, pela exposição das raízes e também pela queda da produtividade agrícola. Esse tipo de erosão é mais atuante em áreas destinadas a agricultura, onde os solos apresentam-se descobertos em determinadas períodos do ano (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2012; RITTER; ENG, 2012; O'GEEN; SCHWANKL, 2010; RESENDE; ALMEIDA, 1985 apud TOMAZONI; GUIMARÃES, 2005; ZHANG; O'NEIL; LACEY, 1996).

Para O'geen e Schwankl (2010), a erosão laminar é considerada uma das mais comuns e também a mais negligenciada, visto que, não é caracterizada pelo desenvolvimento de fluxos canalizados visíveis, sendo praticamente imperceptível, contudo, acarreta perdas significativas de solos durante um único evento de chuva.

Muitos estudos comprovam que a erosão dos solos está associada às práticas de manejo, sendo que, vários impactos gerados pela erosão estão diretamente relacionadas com as atividades agrícolas (AMORE et al., 2004; BACCHI et al. 2003; CLARK¹¹ et al., 1985 apud FLANAGAN; GILLEY; FRANTI., 2002; COGO; LEVIEN; SCHWARZ, 2003; NUNES et al., 2011; SHI et al., 2012).

A desagregação da estrutura do solo e a diminuição do teor de matéria orgânica e de nutrientes resultam na redução da profundidade do solo cultivável influenciando as condições de fertilidade e umidade disponível (MORGAN, 2005).

Nesta perspectiva, o uso antrópico intensifica os processos erosivos, pois altera as condições naturais da cobertura vegetal e das propriedades dos solos, dificultando a infiltração, aumentando o escoamento da água e das partículas (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2012).

¹¹ CLARK, D. L.; JANECKY, D. R.; LANE, L. J. Science-based cleanup of Rocky Flats. **Physics Today**, 2006 59 (9), p. 34-40.

A compactação do solo, o baixo teor de matéria orgânica, a drenagem ineficiente, são condições que podem acelerar o processo de erosão dos solos (RITTER; ENG, 2012).

De acordo com Guerra et al. (2008), Carvalho et al., (2006), Nunes e Cassol (2008), a erosão hídrica pode levar os solos agrícolas a perderem sua fertilidade natural e consequentemente a sua capacidade produtiva, acarretando um aumento de custos com a alimentação, assoreamento e diminuição do volume e da qualidade das águas.

No Brasil, Bertoni e Lombardi Neto (2012), fundamentados nos estudos de Marques (1949), concordam que o país perde cerca de 500 milhões de toneladas de solos por ano devido à erosão laminar. Correspondendo ao desgaste de uma camada de 15 cm de espessura numa área de aproximadamente 280 mil hectares de solo.

2.3 Modelos de Predição de Erosão

De acordo com Amorim, Silva e Pruski (2009), os estudos iniciais relacionados à erosão dos solos eram limitados ao entendimento e à descrição qualitativa dos fatores interferentes nos processos erosivos. A medida que os estudos foram se aperfeiçoando, a noção da complexidade desse fenômeno também se tornou mais evidente. Vários autores constituíram gradativamente em suas pesquisas os fatores que afetavam o processo erosivo. Cook¹² (1936) apud Amorim, Silva e Pruski (2009) foi um dos pioneiros, considerou a erodibilidade do solo, a erosividade da chuva e a proteção da cobertura vegetal.

Diversos estudos experimentais desenvolvidos nos Estados Unidos, no período de 1940 a 1954, resultaram na obtenção de equações de perdas de solo, que tiveram a inclusão dos fatores: comprimento e declividade da encosta; características dos solos, práticas

¹² COOK, H.L. The Nature and controlling variables of the water erosion process. *Soil Science Society Proceedings*, Madison, p. 487-496, 1936.

conservacionistas e condições de uso e manejo dos solos (AMORIM; SILVA; PRUSKI, 2009).

Neste contexto, desde meados dos anos 1950, os estudos de erosão laminar têm sido subsidiados por modelos de predição, que possibilitam a previsão e a quantificação de perdas de solo. Além de permitir, com a análise das diferentes variáveis, a seleção de práticas de manejo e controle que visem o uso racional dos solos (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2012).

A aplicação de modelos quantitativos foi intensamente facilitada com o desenvolvimento dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs). Como exemplo, pode-se citar as estimativas da perda de solo por erosão laminar realizadas por Aquino, Oliveira e Sales (2007), Farinasso et al. (2006), Mannigel (2002); Santos e Rosa (2001) Pereira e Teixeira (2005), Serio et al. (2008), Silva (2004), e Vale Júnior et al. (2009).

A estimativa das perdas de solo é importante na quantificação dos sedimentos retirados de uma vertente (AKSOY; KAVVAS, 2005), e podem revelar o potencial de assoreamento de um manancial e/ou reservatório, além, de prever os impactos antes mesmos que uma cultura ou prática agrícola seja implantada. Os modelos de predição de erosão são capazes de estimar a perda de solo em condições reais e também simuladas (AMORIM et al., 2010).

Nesta perspectiva, os valores de perda de solo de uma determinada área, permite o entendimento do comportamento do ambiente frente à dinâmica erosiva. E, por conseguinte o desenvolvimento de ações corretivas com o intuito de obter um melhor planejamento dos recursos ambientais. Contudo, existem dificuldades para se avaliar de forma exata e precisa a extensão, a magnitude e as taxas da erosão acelerada, assim como, os seus impactos ambientais e econômicos (FUJIHARA, 2002).

Existem vários métodos de pesquisas relacionados à erosão laminar. Como, a *Universal Soil Loss Equation* (USLE), desenvolvida por Wischmeier e Smith (1978), o *Water Erosion*

Prediction Project (WEPP), e a *Revised Universal Soil Loss Equation* (RUSLE). Ambos os modelos foram elaborados pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) em parceria com várias outras instituições de pesquisa, a partir da década de 1980 (MCCOOL et al., 1995).

A primeira equação conhecida para se estimar a perda de solos foi publicada em 1940 por Zingg¹³, e relacionava a perda de solo com a declividade e o comprimento da vertente. Nos anos posteriores foram acrescentados fatores relacionados à influência da cobertura vegetal e as práticas conservacionistas. Foram incluídos ainda, os fatores de solo e de manejo, e por último o fator de chuva, a equação ficou conhecida como *MUSGRAVE*. Com a publicação do trabalho de Wischmeier e Smith (1965), a equação passou a ser denominada USLE (WISCHMEIER; SMITH, 1965).

O modelo USLE foi inicialmente desenvolvido em 1954 no *National Runoff and Soil Loss Data Center* pela *Agricultural Research* na Universidade de Purdue (USA) e, depois, revisada por Wischmeier e Smith (1965 e 1978). Este modelo pode ser empregado em várias localidades, permitindo a quantificação das taxas de perdas de solos que podem ocorrer em uma área durante um determinado período. O que explica o seu caráter de modelo universal (WISCHMEIER; SMITH, 1978).

A USLE possui grande aceitação no meio científico, uma vez que, foi analisado um número expressivo de experimentos para a determinação das variáveis que compõe a equação. Conforme Wischmeier e Smith (1978), o modelo foi obtido a partir de observações de perdas de solos em mais de 10.000 parcelas-padrão distribuídas em várias regiões do território norte americano, em diversas condições de solos e chuvas.

¹³ZINGG, R.W. Degree and length of land slope as it affects soil loss in runoff. *Agricultural Engineering*, v.21, 1940, p. 59-64. Obra citada por Wischmeier e Smith (1978).

A USLE é utilizada mundialmente com adaptações regionais, e exige um número relativamente pequeno de requerimentos, quando comparado ao solicitado para aplicação de modelos empíricos mais complexos (AMORIN; SILVA; PRUSKI, 2009; WEILL; SPAROVEK, 2008).

No Brasil, as variáveis da USLE foram adaptadas para o Estado de São Paulo. Alguma dessas variáveis, como a erosividade das chuvas, apresenta relativa limitação quanto ao seu emprego em condições diferentes das quais foi inicialmente desenvolvida, necessitando de adaptações. Os trabalhos pioneiros foram desenvolvidos por Bertoni et al., entretanto, foi a partir de 1975, que a equação começou a ser aplicada em outras regiões brasileiras (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2012).

Atualmente, existem diversos trabalhos com a utilização da Equação Universal de Perdas de Solos, como os realizados por Borges et al., (2012), na Bacia do Rio Carinhanha, entre os estados de Minas Gerais e Bahia e por Lopes et al., (2011), no Semi-árido brasileiro. Silva, Alvares e Watanabe (2011) estimaram a perda de solos para todo o território brasileiro, fazendo um prognóstico da erosão laminar em escala nacional.

Tomazoni e Guimarães (2005) desenvolveram pesquisas na Bacia do rio Jirau, no Paraná e juntamente com muitos outros pesquisadores tem contribuído para a identificação de áreas susceptíveis aos processos erosivos e também para a quantificação das perdas de solos.

No que tange a USLE, posteriormente a sua publicação por Wishmeier e Smith (1978), novas pesquisas continuaram sendo realizadas na perspectiva de aprimorar as estimativas de perdas de solos, o resultado foi o desenvolvimento de um novo modelo de predição, denominado de *Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)* (AMORIM; SILVA; PRUSKI, 2009).

O modelo RUSLE é constituído de várias equações matemáticas que estimam a perda de solo média anual para um determinado local de interesse. Possui também um arquivo de banco de

dados de operações que caracteriza os efeitos do manejo e as taxas de perda de solo (RENARD et al., 1997).

Neste modelo foi sustentada a mesma estrutura da USLE, contudo, as formas de determinação dos fatores constituintes da equação foram significativamente modificadas, tornando-se mais complexas. Sendo necessário, a elaboração de um programa computacional para facilitar as estimativas de perda de solos (PRUSKI, 2009).

A aplicação computacional da RUSLE permitiu a inclusão de conceitos de base física para a determinação de alguns de seus componentes, permitindo uma reprodução mais verdadeira do sistema, tornando mais rápida as estimativas das perdas de solo. A RUSLE sofreu algumas melhorias em relação à USLE, contudo, essa tecnologia ainda apresenta limitações, principalmente no que diz respeito a sua base empírica, que acaba por dificultar a sua aplicação em condições edafoclimáticas diferentes (AMORIM, SILVA; PRUSKI, 2009).

Segundo Amorim et al., (2010), os modelos de predição de erosão do solo evoluíram de modelos empíricos, tais como a USLE e RUSLE para modelos baseados em princípios teóricos¹⁴, como o WEPP. O WEPP foi criado com o objetivo de substituir a USLE, é considerado um modelo semi-determinístico, utiliza-se das equações relacionadas às teorias de infiltração, física do solo, hidráulica, mecânica da erosão e fisiologia vegetal, para determinar as taxas de erosão e deposição de sedimentos (LANE; NEARING, 1989).

O modelo *Water Erosion Prediction Project* (WEPP) foi desenvolvido por várias agências federais e estaduais americanas a partir de 1985. E possui destaque pela sua consistência e riqueza de detalhes na simulação dos fenômenos de erosão em bacias hidrográficas. (FLANAGAN; GILLEY; FRANTI, 2007).

¹⁴ Os modelos podem ser classificados em três categorias: empírico ou estatístico, conceitual e baseado em processos físicos. A inclusão do modelo em uma dessas categorias vai depender dos processos físicos simulados pelo próprio modelo (AMORIM; SILVA, PRUSKI, 2009).

Tal projeto se configura em um modelo físico de simulação da erosão e da produção de sedimentos, considerando os respectivos componentes: simulação de clima; hidrologia, para simular infiltração de água, balanço hídrico diário, escoamento superficial e percolação; crescimento da cultura; solos; erosão, laminar e em sulco, e deposição; e irrigação (FLANAGAN; GILLEY; FRANTI, 2007; OLIVEIRA, 2006).

O WEPP é constituído de três versões básicas: uma versão para vertentes (*hillslope version*), uma versão para bacias hidrográficas (*watershed version*), e uma de quadricula (*grid version*) (LANE; NEARING, 1989). Cada versão é composta por seis itens, respectivamente: clima, Hidrologia, crescimento e decomposição de plantas, práticas agrícolas, solos, erosão\deposição (AMORE, et al., 2004).

De acordo com Chaves (1992), o modelo em questão possibilita várias vantagens relacionadas às outras tecnologias desenvolvidas para a predição da erosão, como a capacidade de estimar a distribuição espacial e temporal da perda de solo e a sua deposição.

Ultimamente os trabalhos realizados por diferentes pesquisadores tem incluído a ligação do modelo WEPP com os Sistemas de Informação Geográficas (SIG), (GeoWEPP), acabando por facilitar o manuseio e a espacialização das informações relacionadas à erosão dos solos (FLANAGAN; GILLEY; FRANTI, 2007).

O GeoWEPP se configura como um modelo de predição de erosão geo-espacial e supera a limitação do WEPP, permitindo o processamento de dados digitais como *Digital Elevation Model* (DEM), ortofotos, levantamentos de solos, mapas de uso do solo e dados de agricultura de precisão (YÜKSEL et al., 2008).

A quantificação da perda de solos tem se tornando cada vez mais necessária, principalmente pelos danos acarretados as bacias hidrográficas, a qualidade da água e também a atividade agrícola. Nesse sentido, o GeoWEPP pode fornecer estimativas espaciais e temporais mais

detalhadas da desagregação dos solos e da consequente deposição de sedimentos (FLANAGAN; GILLEY; FRANTI, 2007). No entanto, no Brasil poucos são os estudos voltados para a utilização desse modelo, principalmente pela indisponibilidade de dados de entrada, o que acaba por inviabilizar o seu emprego para as condições edafoclimáticas brasileiras.

2.4 O modelo USLE

A USLE relaciona de maneira diretamente proporcional, seis fatores que influenciam a erosão hídrica do solo, que são: a erosividade da chuva (R), erodibilidade do solo (K), comprimento da encosta (L), declividade da encosta (S), cobertura vegetal (C) e práticas conservacionistas adotadas (P).

$$A = R K L S C P \quad (1)$$

A = perda de solo (t/ha)¹⁵

R = fator erosividade da chuva (MJ. mm /ha.h.ano)¹⁶

K = fator erodibilidade do solo (t.ha.h/ ha.MJ.mm)

L = Fator Comprimento de encosta (adimensional)

S = fator grau de declive (adimensional)

C = fator uso e manejo (adimensional)

P = fator prática conservacionista (adimensional)

¹⁵ 1 Hectare corresponde à 10.000 m².

¹⁶ Megajoule expressa a grandeza escalar da energia cinética.

2.4.1 Fator erosividade da chuva (R)

Para a utilização dos solos de forma mais sustentável é indispensável o conhecimento dos fatores que influenciam a intensidade da erosão hídrica. A potencialidade das chuvas em causar erosão constitui um dos fatores mais importantes para avaliação da erosão dos solos. E pode ser conseguida por meio de modelos de predição, avaliado através de índices de erosividade (SANTANA, et al. 2006).

A determinação do Fator R permite a avaliação do potencial erosivo das precipitações de um determinado local e define ao longo do ano o melhor período para a implantação de práticas de manejo e conservação dos solos (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2012; WISCHMEIER; SMITH, 1978).

De acordo com LAL (1994), a erosividade expressa à capacidade da chuva em causar erosão pela desagregação e transporte das partículas do solo, ocasionada pelo impacto direto das gotas de chuva e pelo escoamento superficial da água juntamente com as partículas desagregadas.

O índice de chuva frequentemente utilizado para estimativa da erosividade é o EI_{30} , proposto por Wischmeier e Smith (1978), que relaciona dois parâmetros específicos das precipitações erosivas de um determinado local, respectivamente: a energia cinética do impacto das gotas (E_c) e a intensidade máxima pluviométrica em 30 minutos (I_{30}). Os valores desse índice são obtidos pela multiplicação da energia cinética total da chuva (E), em MJ.mm/ha.h, e pela intensidade máxima em 30 min (I_{30}), em mm/h.

Devido aos padrões cíclicos evidenciados nos parâmetros climáticos, os valores utilizados para obter a erosividade das chuvas devem considerar as estações meteorológicas que possuem séries históricas de no mínimo 20 anos. O que permitirá maior precisão e

confiabilidade aos resultados (WISCHMEIER; SMITH, 1978). A metodologia proposta por Wischmeier e Smith exige uma série de dados pluviográficos longa e contínua para o cálculo da intensidade da precipitação.

Diante da dificuldade de obtenção desses tipos de registros, alguns pesquisadores correlacionaram os valores de erosividade, calculados pelos dados do pluviógrafo com os dados de pluviômetros, assim como, os estudos de Lombardi Neto (1977); Lombardi Neto e Moldenhauer (1992), que estabeleceram um novo método para o cálculo do potencial erosivo da chuva.

2.4.2 Fator erodibilidade do solo (K)

O erodibilidade (K) reflete a suscetibilidade a erosão ou a falta de capacidade de resistir aos processos erosivos de um determinado tipo de solo (WISCHMEIER; SMITH, 1978). É a resistência do solo frente ao desprendimento e transporte das partículas (LAL, 1994; MORGAN, 2005).

Para Bertoni e Lombardi Neto (2012), alguns solos são mais facilmente erodidos do que outros, mesmo quando as outras propriedades ambientais influentes no desencadeamento dos processos erosivos são mantidas constantes. Essa diferença proporcionada pelas próprias características dos solos é denominada de erodibilidade.

A resistência dos solos à erosão depende das condições de topografia, manejo e também das propriedades do solo. Os valores da erodibilidade são alterados de acordo com a textura do solo, estabilidade de agregados, resistência ao cisalhamento, capacidade de infiltração e teor de matéria orgânica (BERTONI, LOMBARDI NETO, 2012; GUERRA, 2008; MORGAN, 2005).

O Fator K pode ser determinado diretamente no campo com chuva natural ou simulada em parcelas padrão ou através de determinações indiretas. É um fator que tem despertado interesse na pesquisa de erosão por apresentar variações de valores entre os diferentes tipos de solos. Na literatura há diversos trabalhos apontando à determinação do Fator K, bem como, a comparação dos métodos utilizados (CORRECHEL, 2003).

2.4.3 Fator Comprimento de rampa e declividade (LS)

O Fator LS representa o resultado combinado entre o comprimento de rampa¹⁷ (L) e o grau de declividade (S). Apesar de serem calculados separadamente, estes fatores são representados na aplicação prática, como um único fator topográfico. Sendo definido como a taxa de perda de solo por unidade de área de uma parcela-padrão de 22,13 m de comprimento e 9% de declive (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2012; WISCHMEIER; SMITH, 1978).

A declividade e o comprimento de rampa são variáveis significantes para estudos da erosão dos solos. Visto que, a perda de solos tende a crescer com o aumento da declividade e do comprimento das vertentes, influenciando o volume e também a velocidade do escoamento da água na superfície (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2012; MORGAN, 2005; WISCHMEIER; SMITH, 1978).

Para Santos e Rosa (2001), o comprimento de rampa indica o caminho que as águas pluviais percorrem da montante até a jusante. Representando de acordo com Fornelos e Silva Neves (2006), a distância entre o ponto de origem do escoamento superficial e o ponto onde a declividade decresce o suficiente para que aconteça a deposição de sedimentos. Ou ainda, onde a água entra no sistema de canais de drenagem naturais ou artificiais.

¹⁷ Mesmo significado de encosta e vertente.

Segundo Périco, Schneider e Finotti (2013), o aumento do comprimento de rampa pode acelerar o processo de erosão dos solos, pois aumenta o volume de água que escoa pela vertente e, consequentemente, aumenta a capacidade de desagregar e carrear partículas de solo.

Renard et al., (1997), asseguram que o Fator L representa uma dimensão linear que corresponde teoricamente a uma distância que parte do início da formação do escoamento até um determinado local que favoreça a deposição dos sedimentos, considerando neste aspecto, a condição de escoamento Hortoniano.

Para Hickey (2000), o comprimento de rampa é um dos parâmetros de cálculo mais problemáticos para a aplicação de modelos preditivos de erosão, especialmente pela dificuldade de identificação do inicio da formação do escoamento e dos locais de deposição (RENARD et al., 1997).

De acordo com a literatura, o Fator LS pode ser determinado por meio de métodos manuais e digitais. Nesta perspectiva, o uso dos SIG's, é fundamental para subsidiar os estudos relacionados ao fator topográfico da USLE, devido as maiores facilidades no armazenamento e manipulação das informações.

2.4.4 Fator Cobertura vegetal e práticas conservacionistas (CP)

A vegetação atua como uma camada protetora ou amortecedora entre a atmosfera e o solo. As folhas e os caules absorvem parte da energia cinética das gotas de chuva que chegam ao solo, diminuindo o impacto causado. Já os componentes radiculares abaixo do solo, contribuem para maior resistência do solo frente aos processos de desagregação. Entretanto, a eficácia da

cobertura vegetal na redução da erosão depende da altura e também da densidade da cobertura do solo (GUERRA, 2008; MORGAN, 2005).

A cobertura vegetal é capaz de conferir maior rugosidade aos solos, atuando como agente dissipador da energia proveniente das gotas de chuva, reduzindo consequentemente a velocidade do escoamento superficial (GUERRA, 2008; MORGAN, 2005).

O Fator C refere-se a maior ou menor proteção da cobertura vegetal sobre o solo, já o fator P está relacionado às práticas conservacionistas utilizadas. O Fator C consiste na relação da perda de solo de uma área cultivada ou descoberta. As práticas conservacionistas comumente utilizadas para as culturas anuais são: plantio em contorno, plantio em faixas de contorno, terraceamento e alternância de campinas (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2008).

Para Stein et al., (1987) o Fator C pode ser considerado separadamente do Fator P, quando o objetivo for definir formas mais adequadas de produção para minimizar os impactos gerados pelo uso agrícola. Agora, quando o enfoque do trabalho for à perda de solo por erosão, os fatores C e P estão intimamente correlacionados, e podem ser analisados como um único fator dentro da equação (GURGEL et al., 2011).

Segundo a literatura o Fator C tem se constituído um parâmetro de complexa determinação, por requerer de vários experimentos de campo. Muitos estudos têm aproveitado os valores experimentais estabelecidos por Bertoni e Lombardi Neto (1990) e Stein et. al (1987) que conseguiram quantificar as perdas de solo por erosão laminar em função dos diferentes fatores de uso e manejo do solo.

A proteção da cobertura vegetal sobre o solo é gradual e depende do tipo de vegetação, do estágio de desenvolvimento e também das estações do ano. No entanto, a eficiência em reduzir a erosão depende da quantidade de chuvas erosivas que ocorrem durante esse período,

quando a cultura juntamente com as práticas de manejo oferece uma proteção mínima (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990; PARVEEN; KUMAR, 2012).

Vários são os estágios da cultura durante o seu ciclo vegetativo. Os efeitos da cobertura vegetal e do manejo do solo interferem nas intensidades de perdas de solos. Segundo Bertoni e Lombardi Neto (1990), é necessário na determinação do Fator C para uma cultura em particular, determinar as datas prováveis de plantio e colheita, tipo de preparo do solo, manejo dos restos das culturas e também a produção média esperada.

Nessa perspectiva, o Fator Cobertura vegetal da USLE requer muita análise quanto a sua aplicação em outras áreas, principalmente se considerarmos que os valores estabelecidos são aplicáveis às realidades específicas.

3 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

*“Esta tarde a trovoadas caiu
Pelas encostas do céu abaixou
Como um pedregulho enorme...
Como alguém que duma janela alta
Sacode uma toalha de mesa,
E as migalhas, por caírem todas juntas,
Fazem algum barulho ao cair,
A chuva chovia do céu
E enegreceu os caminhos ...”
Alberto Caeiro [Fernando Pessoa]*

Considerando o emprego da modelagem preditiva é necessário deixar em evidência o tipo de ambiente a ser avaliado. Nessa perspectiva, este capítulo tem por finalidade caracterizar a área de estudo, enfatizando o tipo climático, o embasamento rochoso, as formas de relevo, os tipos de solos e o uso do solo.

3.1 Localização da área de estudo

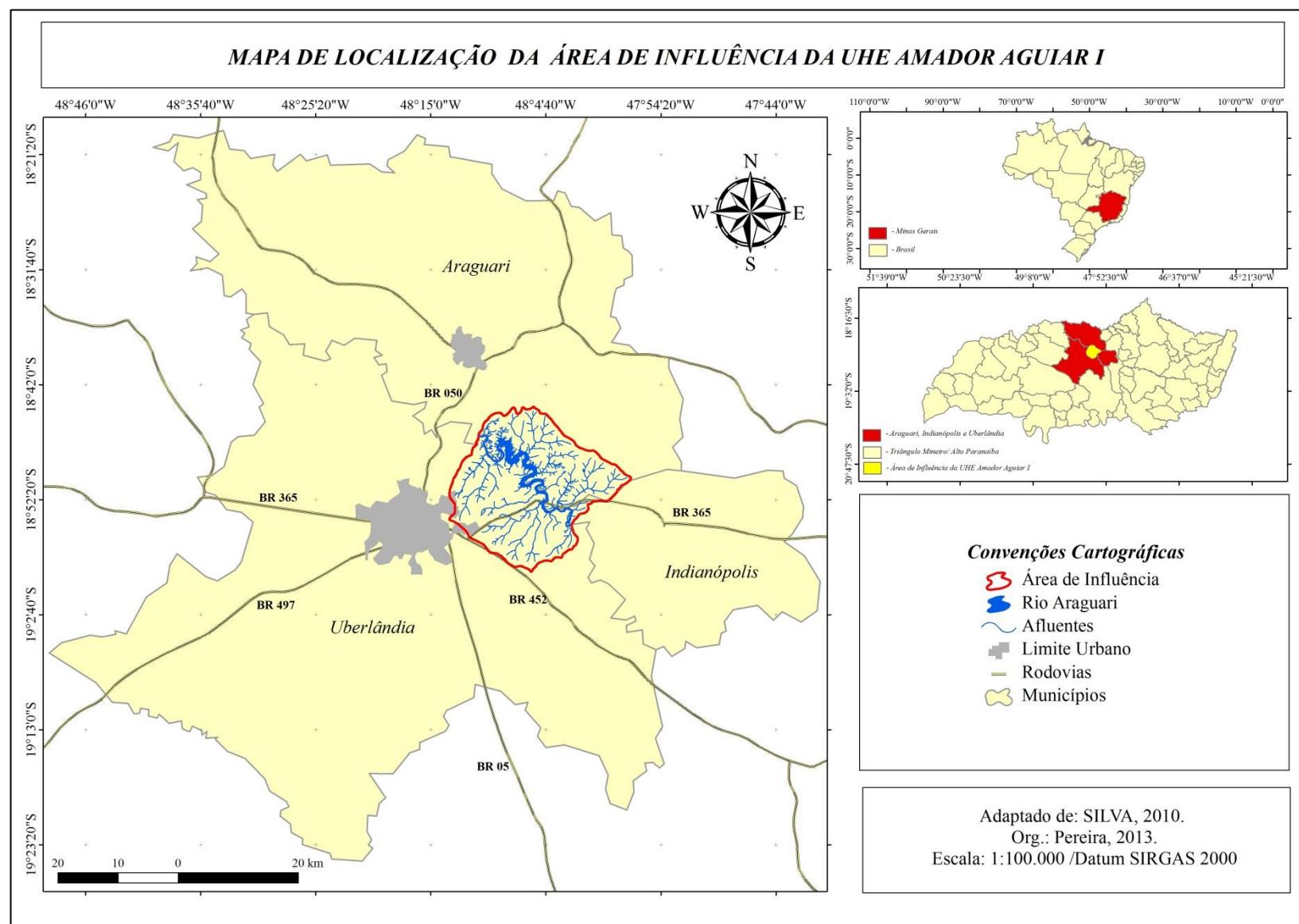
Á área de estudo desta pesquisa é a área de influência do UHE Amador Aguiar I (UHE-AAI) que está situada entre as coordenadas geográficas: 18° 42' 0" - 18° 58' 0" de latitude sul e 47° 56' 0" - 48° 15' 30" de longitude, a oeste do meridiano de Greenwich, possuindo 461,60 km² de área total (Mapa 1).

A UHE – AAI está inserida na Bacia do Rio Araguari, localizada na porção oeste do Estado de Minas Gerais, abrangendo as regiões do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba. O rio Araguari possui 475 km de extensão, nasce no Parque Nacional da Serra da Canastra, no município de São Roque de Minas (BACCARO et al., 2004).

A UHE-AAI foi construída no rio Araguari, afluente da margem esquerda do rio Paranaíba, na porção de seu médio/baixo curso, entre o remanso do UHE Amador Aguiar II e a jusante da UHE Miranda, compreendendo áreas dos municípios mineiros de Uberlândia, Araguari e Indianópolis.

Com relação à participação dos limites municipais na área de influência, o Município de Uberlândia participa com 254,71 km², equivalendo a 55,18 %, Araguari com 197,47 km², correspondendo a 42,78 %. Dentre os três municípios pertencentes à área de influência da UHE – AAI, o município de Indianópolis é o que participa com a menor porcentagem, sendo apenas 2,04%, com uma área de 9,41 Km².

Mapa 11 - Localização da área de estudo.



3.2 Caracterização Climática

De acordo com a classificação climática de Köppen (1936), cujos fundamentos básicos são os regimes térmicos e pluviométricos, o clima predominante na área de estudo é o Tropical Úmido e se encaixa no tipo Aw.

Para Baccaro et al., (2004) e Mendes (2001), as condições climáticas da área de estudo são caracterizadas por duas estações bem definidas, marcada pelo inverno seco e pelo verão chuvoso. A estação chuvosa corresponde aos meses de outubro a março, enquanto que a seca corresponde aos meses de abril a setembro.

A temperatura média anual é de 22°C, com uma média pluviométrica de 1555 mm/ano, sendo que, as temperaturas médias mais frias se concentram nos meses de junho e julho, mas ocorrem anos em que a média é inferior a 18°C, devido à influência mais intensa da frente polar (DEL GROSSI, 1993; ROSA; BRITO; LIMA, 2006).

De acordo com Mendes e Queiroz (2011), no verão ocorre a maior influência dos sistemas equatoriais e polares, respectivamente: Massa Equatorial Continental e Massa Polar Atlântica. Sendo que nesse período é comum a ocorrência das ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul). Esse fenômeno estende-se da porção sul da Região Amazônica até o litoral da Região Sudeste, passando pelo Triângulo Mineiro, provocando nebulosidade e chuvas intensas que podem perdurar por dias e até mesmo semanas ocasionando diversos transtornos tanto no meio rural quanto urbano.

Nos ambientes tropicais as chuvas são consideradas o principal fator interferente no desencadeamento dos processos erosivos. Segundo Baccaro (1990), apud Rosa et al., (2005), os fortes aguaceiros do período chuvoso provocam o carreamento dos materiais superficiais,

resultando em intensos processos de escoamento pluvial, com formação de sulcos, ravinhas e voçorocas e o arrasto laminar do horizonte superficial dos solos.

Nesta perspectiva, é necessário aliar o conhecimento relacionado à distribuição pluviométrica ao longo dos anos às práticas de manejo, para evitar que ocorra o agravamento dos processos erosivos, principalmente nas áreas que já apresentam relativa susceptibilidade à ocorrência dos mesmos, pelas suas próprias características naturais.

3.3 Caracterização Geológica

Localizada sobre a borda da Bacia Sedimentar do Paraná, a área de estudo possui como embasamento, rochas metamórficas do Grupo Araxá (Proterozóico inferior) e derrames basálticos da Formação Serra Geral (Mesozóico). A Formação Serra Geral apresenta-se recoberta em grandes extensões, pelas rochas mais recentes do Grupo Bauru (Cretáceo). Representado pelos arenitos conglomeráticos da Formação Marília e sedimentos do Cenozóico (Terciário e Quaternário) compostos de seixos de quartzo, quartzitos e por uma crosta laterítica comumente conhecida na região pelo nome de tapiocanga (NISHIYAMA, 1989) (Mapa 2).

De acordo com Rodrigues (2002), a geologia regional do vale do rio Araguari tem como embasamento xistos e quartzitos do Pré-Cambriano Médio¹⁸ em seu alto curso, recobertos no seu médio curso por sedimentos mesozóicos da Bacia Sedimentar do Paraná. Já no baixo curso, o rio Araguari corta camadas interpostas de arenito e basalto da Formação Serra Geral, erodindo ao fundo do vale os gnaisses e granitos do Pré-Cambriano inferior¹⁹. No que tange

¹⁸ Era Mesoproterozóica

¹⁹ Era Neoproterozóica

aos sedimentos Cenozoicos, estes, são encontrados nos planaltos tabulares e em relevos residuais, e ainda recobrindo terraços estruturais.

A seguir estão apresentadas as formações e/ou grupos que afloram na área de influência da UHE Amador Aguiar I.

3.3.1 Suíte Jurubatuba

Para o CRPM, a Suíte Jurubatuba ou Complexo Goiano de acordo com a classificação de Nishiyama (1989), corresponde a uma estreita faixa de pequena extensão, localizada as margens do Rio Araguari. A exumação das rochas desse complexo é decorrente da ação erosiva do Rio Araguari, que entalhou o seu vale sobre as rochas sobrejacentes das Formações Botucatu, Serra Geral e do Grupo Bauru.

Os tipos litológicos desse complexo correspondem aos mais antigos da região, nos quais depositaram os sedimentos que deram origem as rochas metamórficas do Grupo Araxá. As rochas mais evidentes na área de abrangência do Complexo Goiano²⁰ (Suíte Jurubatuba) são os migmatitos, gnaisses e granitos (NISHIYAMA 1989).

3.3.2 Grupo Araxá

No vale do Rio Araguari as rochas do Grupo Araxá encontram-se expostas, estendendo-se da altura do córrego Boa vista, em direção a sua jusante, numa faixa de aproximadamente dois a três quilômetros de largura. A montante da confluência com o córrego Boa vista, as rochas

²⁰ Complexo Goiano e Suíte Jurubatuba correspondem à mesma formação geológica, no entanto, apresentam nomenclaturas diferentes.

desse grupo desaparecem sob os derrames basálticos da Formação Serra Geral (NISHIYAMA, 1989) (Figura 1).

Figura 5 - Afloramento Rochoso - Grupo Araxá.



Fonte: PEREIRA, J.S, 2013.

A ação erosiva do Rio Araguari promoveu o entalhamento do seu vale exumando as rochas do Grupo Araxá, que anteriormente eram encontradas no local recobertas pelas litologias das Formações Botucatu e Serra Geral e também pelas rochas do Grupo Bauru (NISHIYAMA, 1989).

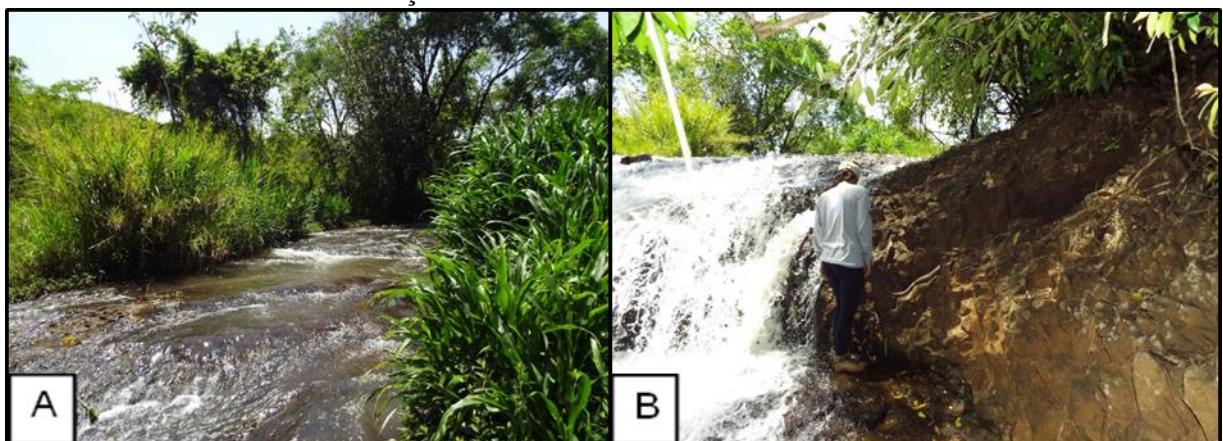
3.3.3 Formação Serra Geral

Na região do Triângulo Mineiro, grande parte dessa formação é encontrada recoberta por sedimentos mais recentes do Grupo Bauru e também por sedimentos Cenozóicos. Na área de estudo, o basalto da Formação Serra Geral aflora ao longo do vale do Rio Araguari, onde as

camadas sobrejacentes foram desgastadas pela ação erosiva da água permitindo nesse aspecto a sua exposição (NISHIYAMA, 1989) (Mosaico 1).

Os basaltos da Formação Serra Geral (Grupo São Bento) estão localizados nas altitudes médias enquanto nas áreas próximas ao fundo do vale, são encontradas rochas que remontam ao Pré-Cambriano, como as do Grupo Araxá e Suíte Jurubatuba (CPRM, 2012).

Mosaico 6 - Basaltos da Formação Serra Geral.



Imagens A e B- Afloramento de Basalto no Córrego Marimbondo, pertencente à área de estudo. **Fonte:** PEREIRA, J.S, 2013.

3.3.4 Formação Marília

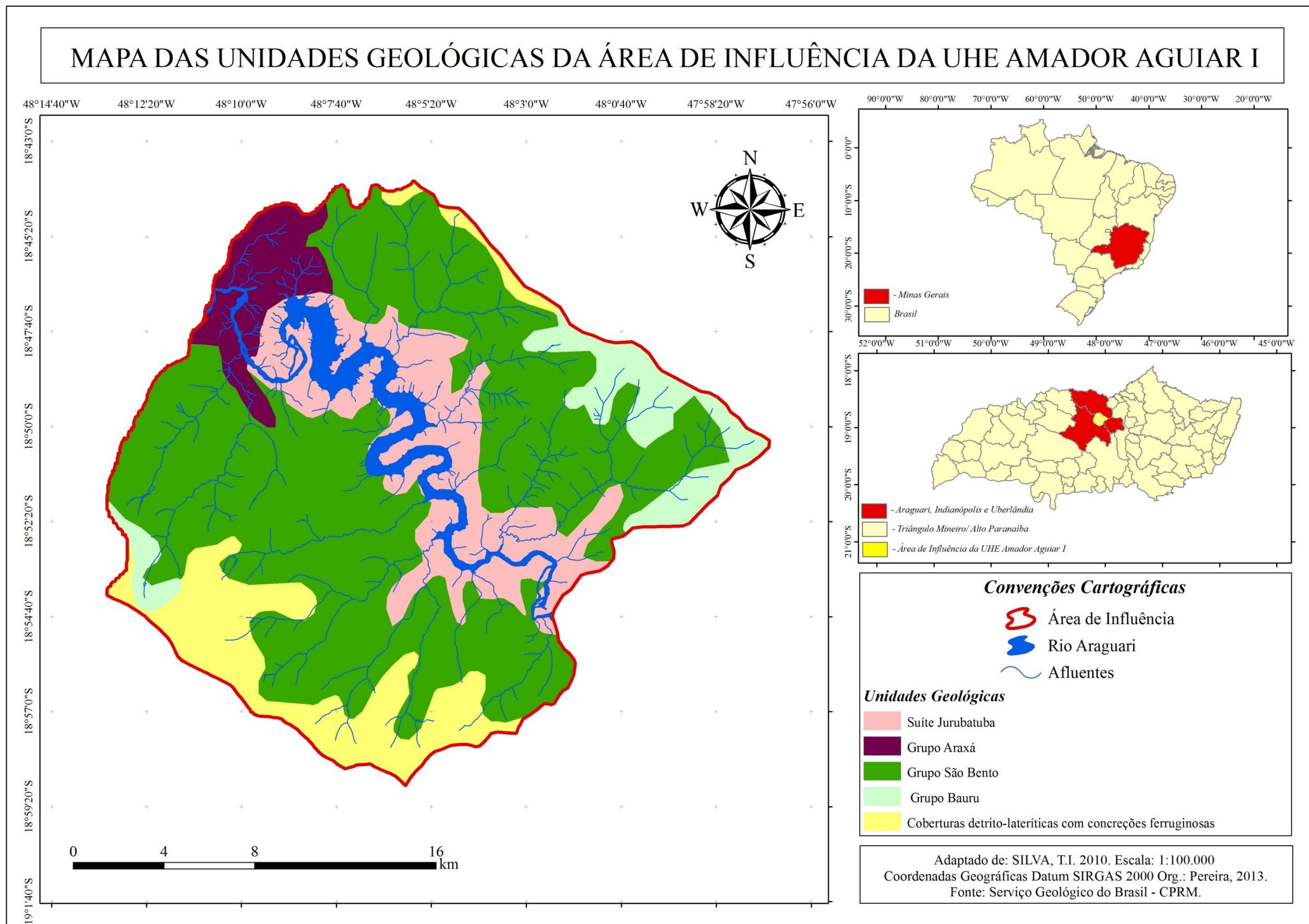
A Formação Marília é formada por arenitos finos a médios, imaturos, com presença subordinada de frações de areia grossa a grânulos (CPRM, 2012). Na vertente do vale do Rio Araguari, a Formação Marília está diretamente assentada sobre o basalto Serra Geral. As feições morfológicas características da dessa formação são os relevos de topos planos e bordas abruptas, mantidos pela cimentação intensa do substrato rochoso (NISHIYAMA, 1989).

3.3.5 Coberturas detrito-lateríticas com concreções ferruginosas

As coberturas sedimentares de idade Cenozóica são constituídas de leitos de cascalheiras que chegam a alcançar espessuras maiores que uma dezena de metros, com predominância de seixos de quartzo, quartzito e basalto, comumente revestidos por uma camada de óxido de ferro (NISHIYAMA, 1989).

Os sedimentos cenozóicos recobrem quase toda a área do município de Uberlândia, capeando as rochas de todos os níveis topográficos, desde as áreas de chapadas até as vertentes dos vales fluviais. A cimentação incipiente dos sedimentos cenozóicos tem ocasionado problemas relacionados à erosão acelerada dos solos na área de sua ocorrência, sobretudo onde existe o predomínio de frações arenosas (NISHIYAMA, 1989).

Mapa 12 - Unidades Geológicas da área de estudo.



3.4 Caracterização Geomorfológica

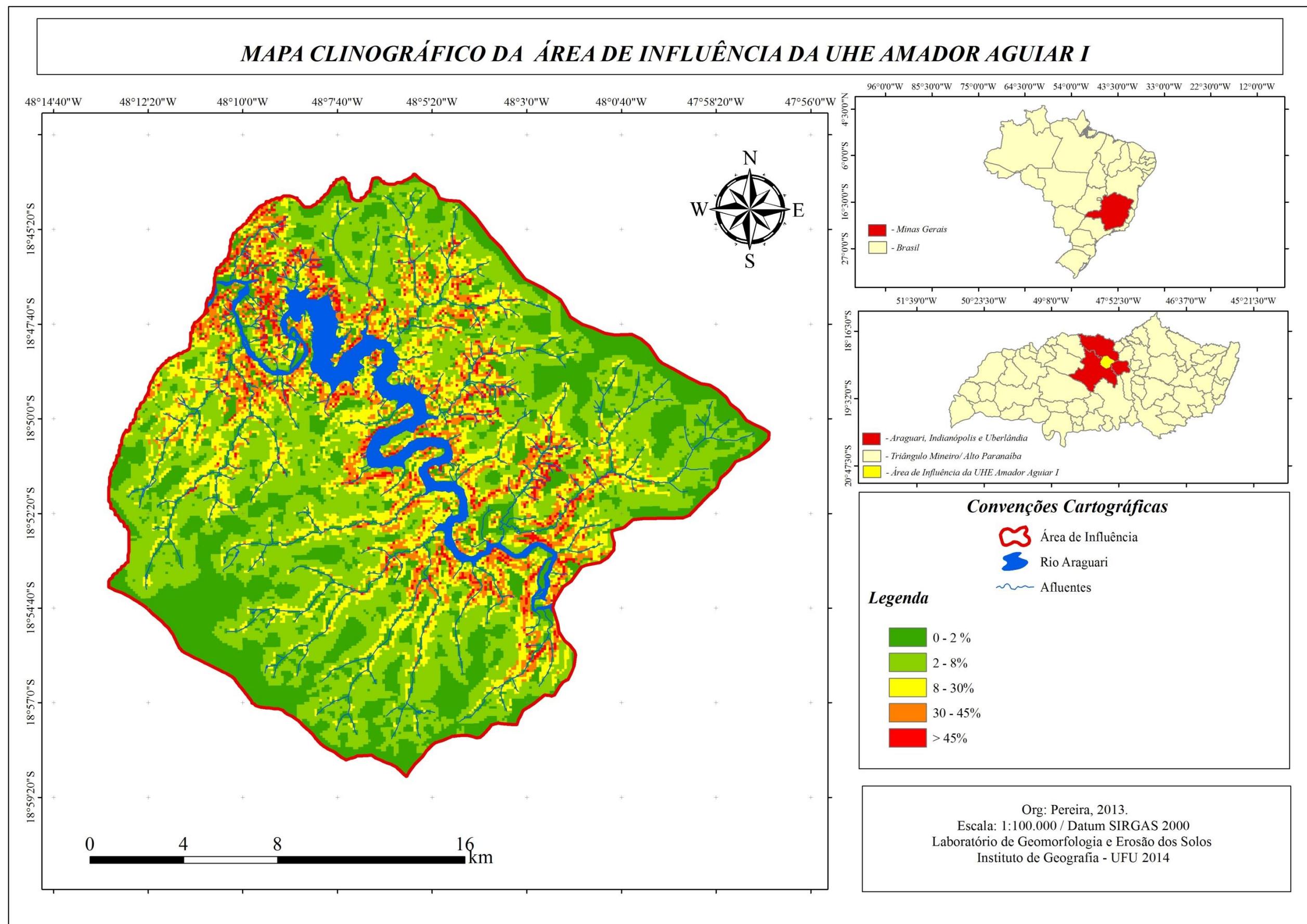
As formas de relevo refletem diretamente sobre a configuração das paisagens, interferindo no processo e nas formas de ocupação das bacias hidrográficas e também sobre a potencialidade de ocorrência e na intensidade de processos erosivos. Na área de influência da UHE – AAI predomina um relevo fortemente dissecado, com encaixamento dos rios e seus afluentes.

A área de estudo é caracterizada por um desnível altimétrico de mais de 300 metros, as áreas com inclinação mais suavizadas ocorrem nas altitudes mais elevadas, já nas partes mais baixas e próximas ao fundo do vale, as declividades são mais intensas. A declividade acentuada juntamente com o comprimento das vertentes pode afetar a perda de solos por erosão laminar, uma vez que, influenciam a velocidade e o volume do escoamento superficial.

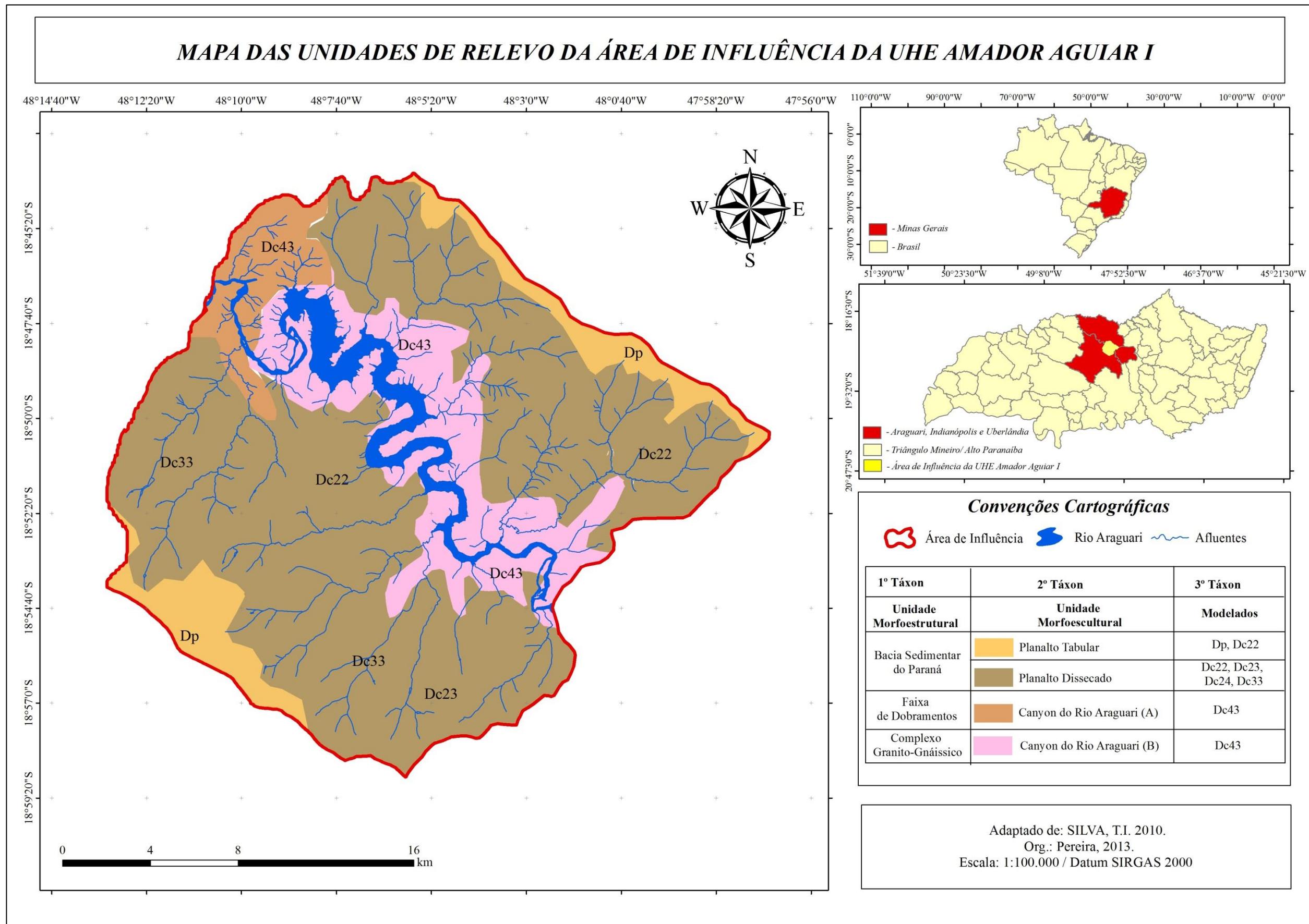
O mapa 3 demonstra as declividades do relevo da área de estudo.

As unidades Geomorfológicas, identificadas na área de influência da UHE-AAI compreendem como Unidade Morfoestrutural, os compartimentos denominados: de Complexo Granito-Gnaissico, Faixa de Dobramentos e Bacia Sedimentar do Paraná. Agora, como Unidade Morfoescultural, foi identificada as seguintes morfologias: Planalto Tabular, Planalto Dissecado e *Canyon* do Araguari (BACCARO et al., 2004; RODRIGUES et al., 2004; SILVA, T. I., 2010). O *Canyon* do rio Araguari foi dividido em dois compartimentos (A e B), devido a sua diferenciação morfoescultural (SILVA, T.I., 2010) (Mapa 4).

Mapa 13 - Declividade da área de estudo.



Mapa 14 - Unidades de Relevo da área de estudo.



Inseridos na Bacia Sedimentar do Paraná o Planalto Tabular, possui altitudes acima de 930 metros, enquanto o Planalto Dissecado tem altitudes inferiores ao referido valor. No compartimento referente à Faixa de Dobramentos, o *Canyon* do Rio Araguari (A), possui altitudes que variam de 540 a 900 metros. Já no Complexo Granito-Gnaissico o *Canyon* do Rio Araguari (B) apresenta altitudes que variam de 600 a 800 metros (SILVA, T.I., 2010) (Mapa 5).

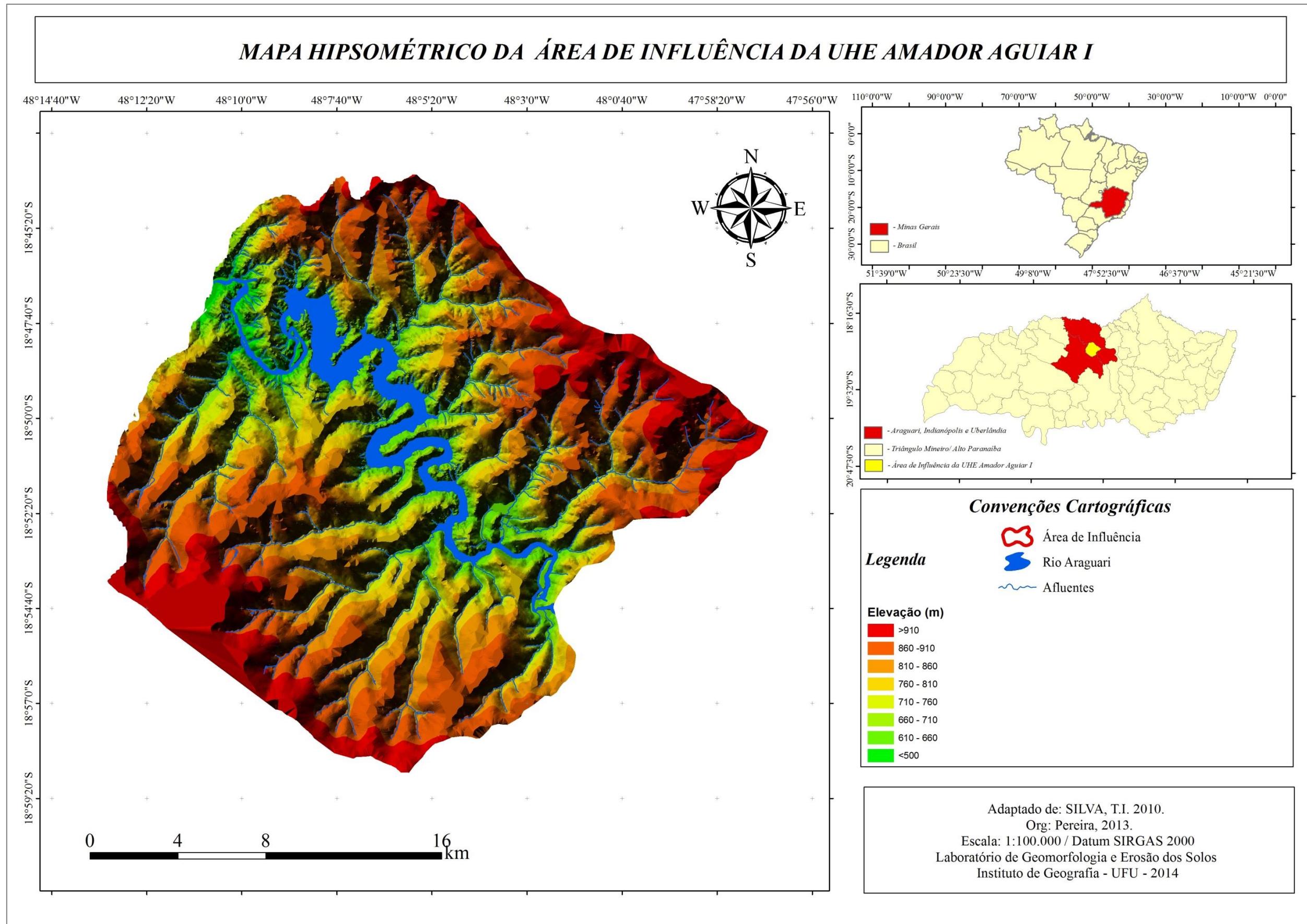
O Planalto Tabular é caracterizado pela baixa variação na declividade, que se apresenta menor que 2%, possuindo como característica as formas de relevo do tipo denudacional tabular (Dt), com ocorrência de topos amplos e com feições tabulares. Ainda, nessa unidade morfoescultural está presente o padrão morfológico (Dp), que corresponde a uma superfície denudacional praticamente plana, devido à associação a resistência litológica e pedológica. Por apresentar essas características, essa unidade é largamente utilizada para as atividades agropastoris (BACCARO et al., 2004; SILVA, T.I., 2010) (Figura 2).

Figura 6 - Planalto Tabular localizado nas proximidades da área urbana de Uberlândia.



Fonte: PEREIRA, J.S, 2013.

Mapa 15 - Hipsometria da área de estudo.



A Unidade Planalto Dissecado está localizada nas proximidades da calha do Rio Araguari possuindo maior rugosidade da superfície, com declividades mais intensas que o Planalto Tabular. Apresentando como padrões morfológicos os modelados: Dc22, Dc23, Dc24, Dc33, Dc43, que evidenciam um grau de entalhamento dos vales de fraco a médio e uma dimensão interfluvial que varia de pequena a grande (BACCARO et al., 2004, SILVA, T.I., 2010).

São formas denudacionais convexas, mais ou menos dissecadas, ocorrendo de formas mais intensas em direção aos fundos dos vales (Figura 3). Nessas áreas com relação ao uso do solo, ocorre a predominância das pastagens, reflorestamentos e café, sendo este último à cultura de menor representatividade na Unidade de Planalto Dissecado (BACCARO et al., 2004, SILVA, T. I., 2010).

Figura 7 - Área de pastagens em Planalto Dissecado.



Fonte: PEREIRA, J.S, 2013.

O *Canyon* do Rio Araguari, tanto na Unidade Faixa de Dobramentos quanto na Unidade Complexo Granito-Gnaissico, apresenta relevo fortemente dissecado, com vertentes inclinadas, com a predominância de formas denudacionais convexas, com forte potencial hidráulico (SILVA, T. I., 2010) (Mosaico 2).

Para Baccaro et al. (2004), nesta unidade as atividades agrícolas são praticamente inexistentes, ocorre o predomínio de áreas de pastagens e relativa preservação das áreas florestais de encosta, como a mata Mesofítica. A área em questão possui, devido as suas características naturais, relativa fragilidade aos processos erosivos de encosta, como os deslizamentos e escorregamentos.

Nesta conjuntura, são necessários maiores cuidados em relação aos usos e manejo dos solos, principalmente pela existência de reservatório artificial na área, destinado geração de energia elétrica. Os sedimentos carreados podem causar o assoreamento do lago comprometendo, por conseguinte a sua capacidade energética.

Mosaico 7 - Canyon do Rio Araguari e Reservatório da UHE Amador Aguiar I.



Imagen A – Canyon do Rio Araguari na Área de influência da UHE –AAI. Imagem B - Vista do Reservatório da UHE Amador Aguiar I. **Fonte:** PEREIRA, J.S, 2013.

3.5 Caracterização Pedológica

As classes de solos pertencentes à área são do tipo Latossolo Vermelho, Cambissolos, Argissolos e Neossolo Litólico. Os Neossolos Litólicos são constituídos por material mineral

e material orgânico pouco espesso e não apresentam nenhum tipo de horizonte B diagnóstico, estão localizados em relevos ondulados à fortemente ondulados (IBGE, 2007).

O grupo dos Latossolos representa a maior porcentagem dentro da área de estudo, possuindo maior expressividade nas áreas das chapadas e médias vertentes (SILVA, T. I., 2010). Os Latossolos constitui o grupo dos solos minerais não hidromórficos, são muito intemperizados, profundos e apresentam boa drenagem. Caracterizam-se pela pouca diferenciação de horizontes e também pela baixa fertilidade natural. São ácidos e possuem elevados teores de alumínio trocável (IBGE, 2007; LEPSCH, 2010; PALMIERI, LARACH, 2011).

Na área constata-se a ocorrência do Latossolo Vermelho Aluminoférreo; o Latossolo Vermelho Distrófico epiálico; o Latossolo Vermelho Distrófico ou Aluminoférreo. A diferença existente entre os solos dessa classe é devida a coloração e teores de óxidos de ferro (IBGE, 2007).

Os Argissolos têm como característica particular um aumento de argila do horizonte superficial A para o subsuperficial B, que é do tipo textural (Bt), frequentemente acompanhado de visível diferenciação de cores e outras características. A profundidade desses solos é variável, distinguindo-se em pouco profundos e profundos (IBGE, 2007). Na área de estudo essa classe de solos está localizada próxima ao fundo do vale do rio Araguari.

Os Cambissolos são solos em início de formação e possuem poucas características diagnósticas. Apresenta grande variação no tocante a profundidade, ocorrendo desde rasos a profundos, em áreas com a presença do relevo mais acidentado. Em sua maioria são pedregosos, cascalhentos, podendo ser também rochosos (IBGE, 2007; LEPSCH, 2010). Na área em estudo ocorrem os Cambissolos Háplicos Eutróficos aparecem nas áreas de relevo ondulado a fortemente ondulado (SILVA, T. I., 2010).

No âmbito dos mapeamentos de solos é necessário chamar a atenção para uma questão de ampla importância e que está relacionada à grande parte dos trabalhos voltados para a análise dos fenômenos ambientais, que é a disponibilidade de mapas de reconhecimentos dos solos.

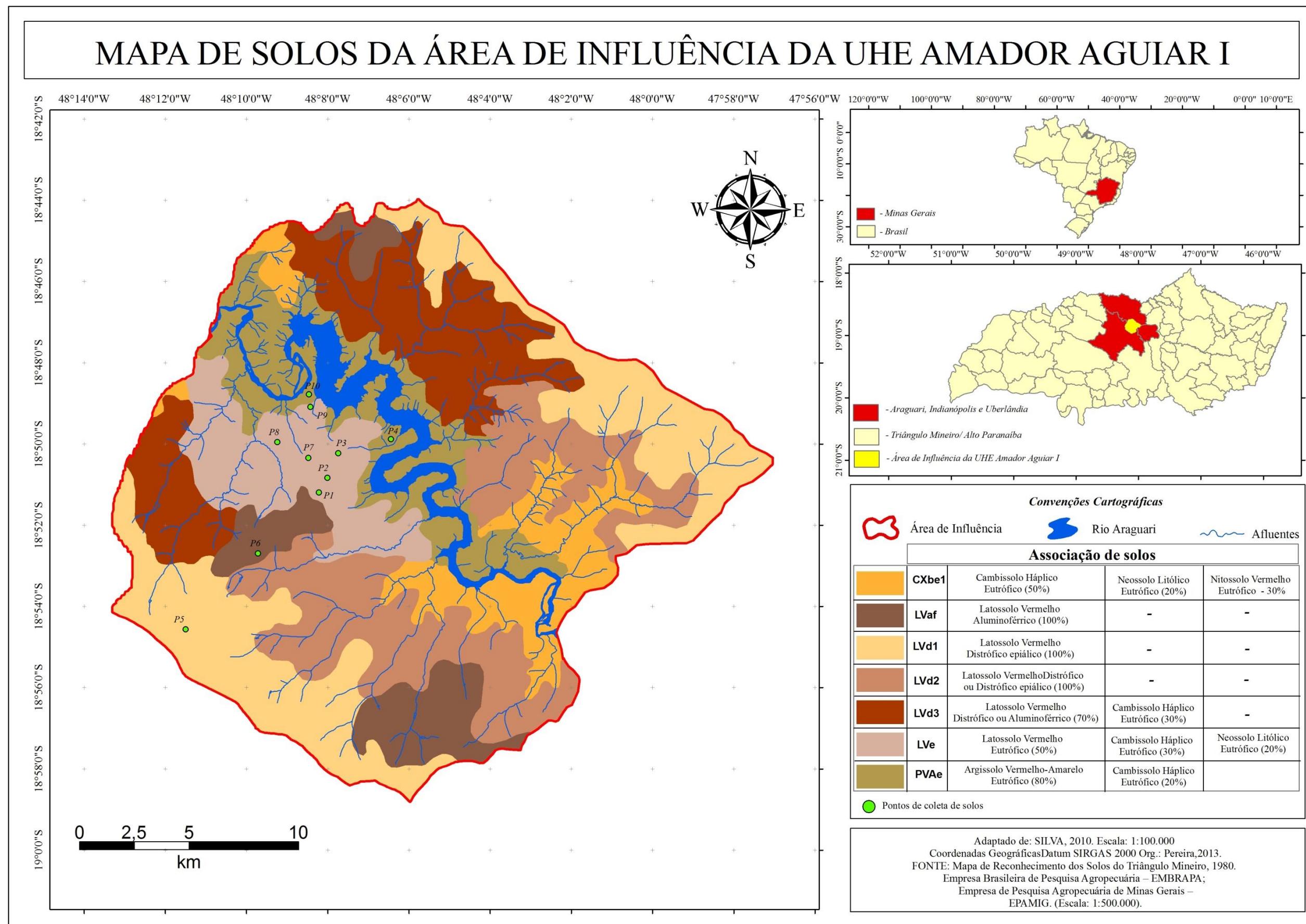
Os mapas de solos do território brasileiro possuem como referência o mapeamento realizado pelo projeto RadamBrasil, para todo o território nacional entre as décadas de 1970 e 1980, e também os estudos complementares realizados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Atualmente temos a disposição um mapa de solos confeccionado na escala de 1:5000000, que representa os principais tipos de solos do Brasil, classificados segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS). Por ser um mapa de escala pequena é também bastante generalizado, dificultando os estudos que requerem maiores detalhes, como os voltados para o planejamento e susceptibilidade aos processos erosivos.

Os mapas de solos produzidos para a Bacia do Rio Araguari, bacia em que está localizada a Área de Influência da UHE-AAI, são em boa parte compilados e com escalas pequenas. Diante essa situação não foi possível empregar para o presente trabalho um mapeamento dos tipos de solos com maiores detalhes, principalmente por que esses mapeamentos demandam inúmeros recursos, como: disponibilidade de tempo, dinheiro e técnicos qualificados.

Neste contexto, foi utilizado para a confecção do mapa pedológico da área de estudo o Mapa de Reconhecimento dos Solos do Triângulo Mineiro, elaborado pela EPAMIG em parceria com a EMBRAPA, na escala 1:500000 (Mapa 6). O mapa em questão evidencia os tipos pedológicos da área de estudo, bem como os pontos de coleta de amostras de solos para a determinação da erodibilidade dos mesmos.

Mapa 16 - Solos da área de estudo.



3.6 Cobertura Vegetal e Uso do Solo

Segundo Baccaro et al., (2004), a bacia do Rio Araguari, na qual a área de estudo está inserida, existe um elevado grau de antropização, sendo encontrados diversos usos do solo em toda sua área de influência, contendo lavouras, urbanização e usinas hidrelétricas. As áreas de Cerrados apresentam escassa conservação, com resquícios da vegetação original restrita as áreas de pouca aptidão agrícola.

Para Troppmair (2008), os cerrados representam uma vegetação “*sui gêneris*”, com características de estrutura e composição florística próprias, atravessadas pelas matas de galeria nas adjacências dos cursos hídricos.

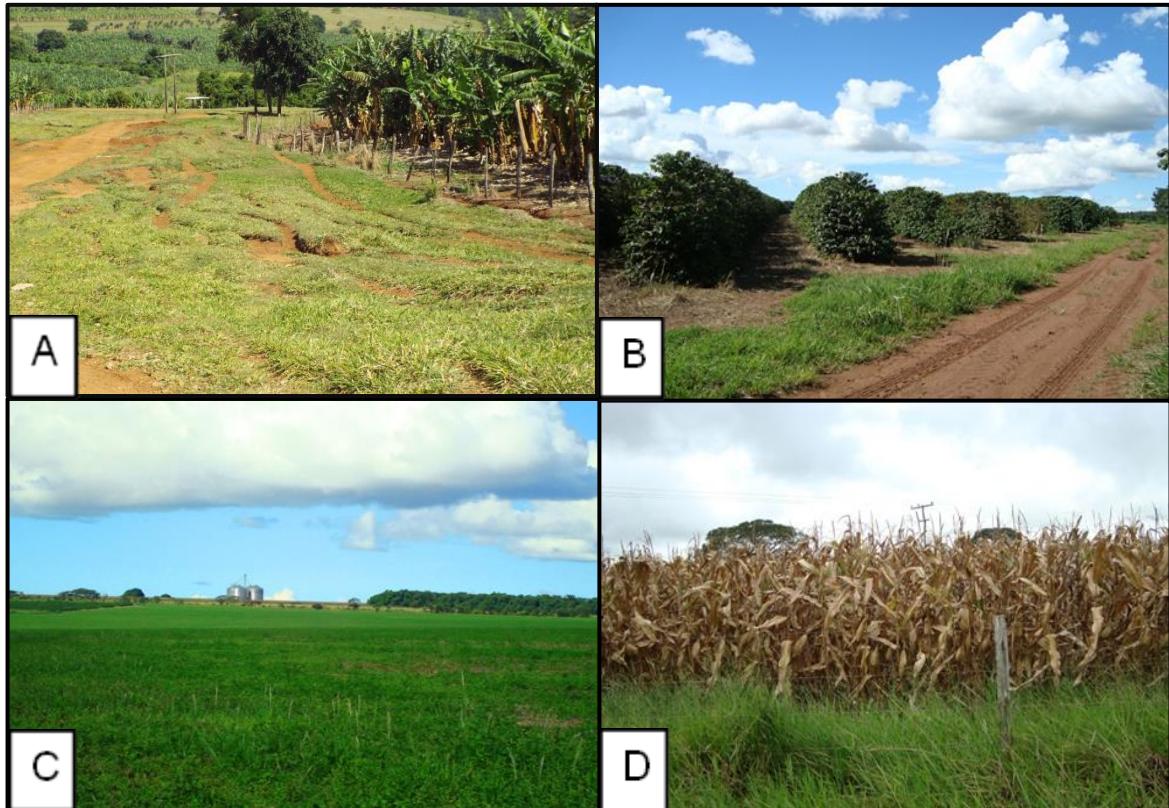
A área de influência da UHE-AAI possui uma cobertura vegetal natural bastante fragmentada e com remanescentes de pequena extensão. Existe a predominância de pastagens e pequenos cultivos nas áreas onde o relevo é mais movimentado. Já nos patamares e topos mais planos as culturas de soja, milho e café são as que prevalecem, corroborando neste âmbito, a intrínseca relação entre o relevo e os processos de ocupação dos solos (ROSA; BRITO; LIMA, 2006) (Mosaico 3).

Os estudos realizados por Leal (2009), a respeito da evolução do uso e ocupação do solo na área em estudo, no período de 1973 a 2009, evidenciam a existência de cinco classes de uso, respectivamente: uso urbano, vegetação natural (mata, cerrado, florestas), pastagem, agricultura (culturas permanentes e temporárias) e hidrografia.

Para Silva (2010), nas médias vertentes existe maior ocorrência de culturas de ciclos longos, tais como os cafezais, canaviais, bananais, entre outros. As culturas de ciclo curto ocupam em sua maioria as áreas de cimeira com topos planos como a soja, o milho, o sorgo, etc. Deste modo, estas culturas estão localizadas nas porções constituídas pelas bordas das chapadas e

por patamares basálticos onde a topografia é mais plana. Visto que, são mais dependentes de condições topográficas favoráveis à mecanização (ROSA; BRITO; LIMA, 2006).

Mosaico 8 - Diferentes usos do solo na Área de Influência da UHE Amador Aguiar I.



Imagens A e B - Culturas de ciclo longo. Imagens C e D, Culturas de ciclo curto. **Fonte:** PEREIRA, J.S, 2013.

Nas áreas próximas ao fundo do vale, com declividades acentuadas e relevo bastante dissecado ocorre a maior ocupação por florestas e cerrados (Figura 4). Que estão distribuídos na paisagem na forma de manchas de pequenas dimensões, com localização preferencial nas encostas próximas ao vale do rio e também nas imediações de alguns de seus afluentes (ROSA; BRITO; LIMA, 2006; SILVA, T. I., 2010).

Intercalado com essas formações florestais estão as áreas de pastagens, que para Ferreira et al. (2005), foram ampliadas a medida que as áreas de mata e cerrado foram desmatadas. Silva

(2010) elucida que as áreas de pastagens, além de ocupar glebas nas áreas de relevo dissecado estão ocupando também extensas áreas de relevo tabular (Mapa 7).

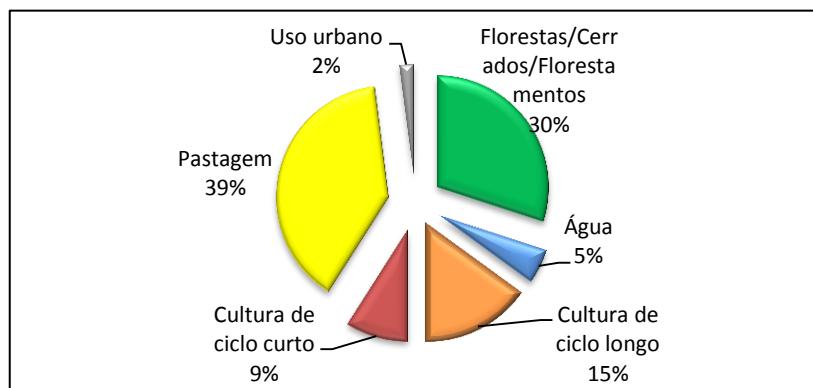
Figura 8 - Área ocupada por formações florestais e pastagens no vale do Rio Araguari.



Fonte: PEREIRA, J.S, 2013.

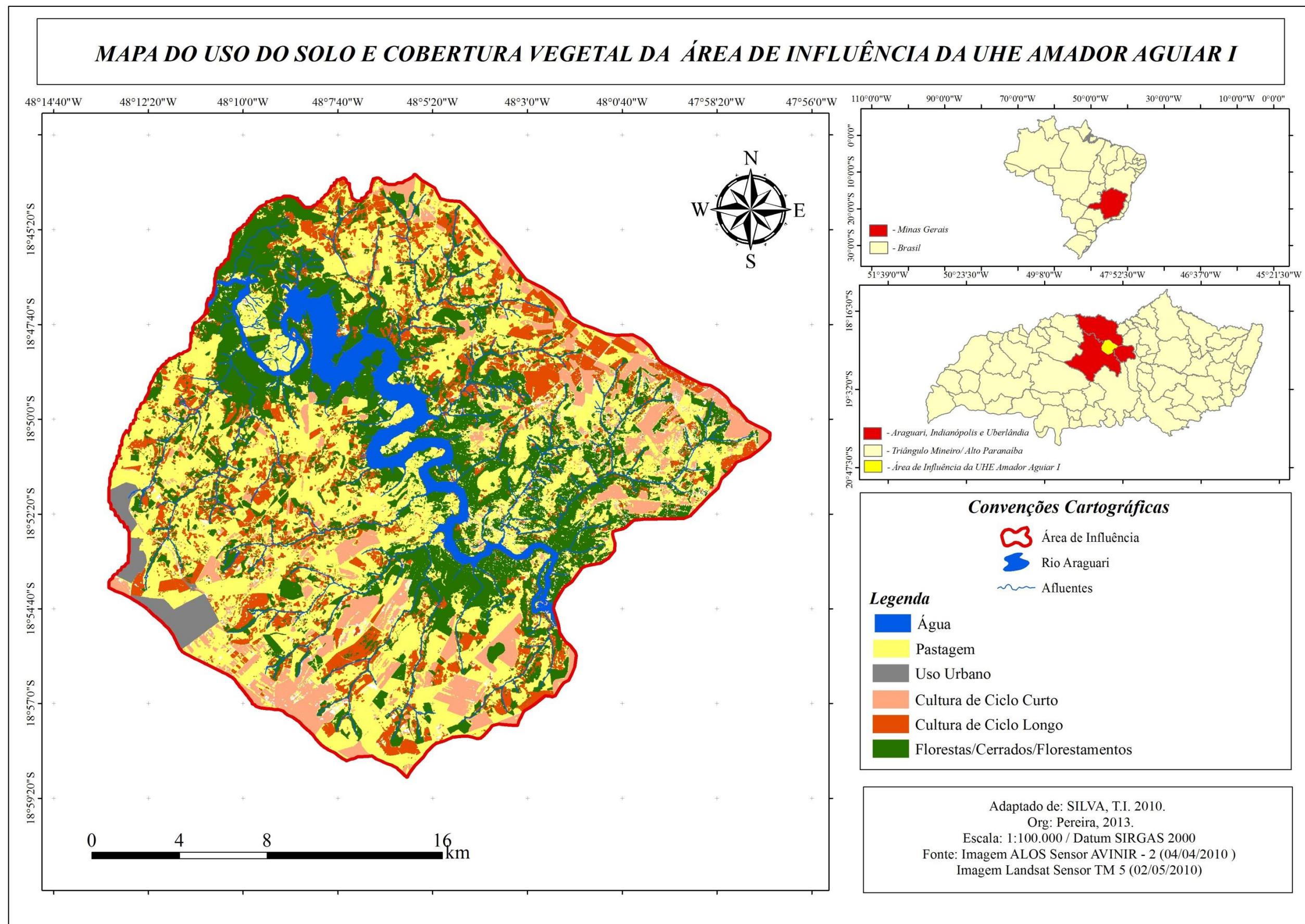
Os mapeamentos do uso do solo na área de estudo realizados por Rosa et. al (2005); Leal (2009) e Silva (2010), demonstram que há uma predominância da categoria pastagens sobre as outras, principalmente sobre a de vegetação natural (Gráfico1).

Gráfico 4- Distribuição das classes de ocupação do solo na área de estudo.



Fonte: Silva, T. I., 2010. Org: PEREIRA, J.S, 2013.

Mapa 17 - Uso do solo na área de estudo.



4 - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E OPERACIONAIS

*“Nem tudo é dias de sol,
E a chuva, quando falta muito, pede-se.
Por isso tomo a infelicidade com a felicidade
Naturalmente, como quem não estranha
Que haja montanhas e planícies
E que haja rochedos e erva ...”
Alberto Caeiro [Fernando Pessoa]*

Neste capítulo, serão abordados os procedimentos operacionais realizados para a elaboração dos mapas temáticos e para a quantificação das perdas de solo por erosão laminar, com o emprego da Equação Universal de Perdas de Solos (USLE). Serão apresentadas também as técnicas e metodologias utilizadas na estimação de cada componente do modelo preditivo de erosão.

4.1 Banco de Dados e Base Cartográfica

A base cartográfica da área de estudo e o banco de dados referente aos aspectos: geológicos, geomorfológicos, pedológicos, uso dos solos, cobertura vegetal e declividade foram adquiridos por meio do Laboratório de Geomorfologia e Erosão dos Solos (LAGES), do Instituto de Geografia – UFU. São produtos das pesquisas e trabalhos desenvolvidos por Magalhães (2012) e Silva (2010).

Considerando que as fontes cartográficas utilizadas estão em escala 1:100000, procurou-se manter a mesma escala na elaboração dos mapas no presente trabalho. O sistema de coordenadas adotado foi o SIRGAS 2000. Para o processamento e interpretação dos dados foi

utilizado o pacote de aplicativos, desenvolvido pela *Environmental Systems Research Institute* (ESRI), ArcGIS 9.3.1.

4.1.2 Mapa das Unidades Geológicas

O mapa das unidades geológicas foi confeccionado a partir da base vetorial do Mapa Geológico do Estado de Minas Gerais, na escala 1:1000000, disponibilizada pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), em seu banco de dados, GEOBANK.

Por ser uma escala com pouco detalhamento, foi realizado por Silva (2010), a comparação dessa base vetorial com o levantamento do substrato rochoso do Município de Uberlândia realizado por Nishiyama (1998), em uma escala de 1:100000. A autora comprovou que as unidades mapeadas concordavam em ambos os estudos, diferindo somente em alguns aspectos relacionados à nomenclatura dos padrões de rochas.

4.1.3 Mapa Clinográfico

Os dados de declividade, foram obtidos através da digitalização e processamento das curvas de nível contidas nas Cartas Militares, de escala 1:25000, editadas pela Diretoria de Serviço Geográfico do Ministério do Exército (1984). Foram utilizadas as cartas: Uberlândia, Pau Furado, Cachoeira do Sucupira, Francilina, Taboca e Ilha do Funil.

As cartas, que se encontram no formato de imagens digitais e em ambiente ArcGIS, foram georreferenciadas, projetadas de acordo com os parâmetros de conversão de SAD69 para SIRGAS 2000. As curvas de nível foram vetorizadas manualmente, com equidistância de 20 metros (MAGALHÃES, 2012). Para esse trabalho utilizou-se a equidistância de 50 metros,

com o intuito de evitar a atribuição de pesos desiguais às variáveis utilizadas nos modelos de predição de erosão. Visto que, as bases cartográficas utilizadas não apresentam muito detalhamento.

A área de influência da UHE Amador Aguiar I no Sistema *Universal Transversal de Mercator* (UTM) compreende dois fusos, respectivamente o fuso 22 e 23. No entanto, não existem cartas que abrangem a pequena porção da área, localizada na zona 23.

Assim, foi necessário utilizar, os dados SRTM disponibilizados pela (EMBRAPA), com a finalidade de gerar um modelo digital de elevação (MDE) e posteriormente extrair as informações referentes à declividade. Nesta perspectiva, foi utilizado um recorte dos dados referentes à folha SE-23-Y-A, os quais foram projetados em SIRGAS 2000 e tiveram suas curvas extraídas automaticamente.

4.1.4 Mapa das Unidades Geomorfológicas

Para a representação das unidades geomorfológicas da área de estudo, foi utilizado os dados da SRTM (EMBRAPA). A metodologia adotada para o mapeamento foi à proposta por Ross (1992), que considera a classificação taxonômica do relevo. Essa classificação representa o relevo em seus aspectos fisionômicos, relacionando-os com as informações da morfogênese. Sendo, possível estabelecer uma ordem cronológica de tempo geológico, iniciando com a formação mais antiga (Unidade Morfoestrutural) até a mais recente (formas de processos atuais – ravinas, voçorocas, entre outros).

Segundo Ross (1992), as formas a serem representadas são classificadas de acordo com o grau de detalhamento em que se analisa o relevo. Neste contexto, para a área de estudo dentro da escala abordada, trabalhou-se com as unidades de relevo até o 3º táxon.

O 1º táxon comprehende as Unidades Morfoestruturais, que foram delineadas a partir da base geológica; o 2º táxon engloba as Unidades Morfoesculturais, delimitadas a partir da análise conjunta dos diversos produtos extraídos das imagens da SRTM, a saber: dados altimétricos, relevo sombreado, perfis topográficos e declividade. O 3º táxon diz respeito às Unidades Morfológicas (modelados) e foram estabelecidas a partir da Matriz dos Índices de Dissecção do Relevo (ROSS, 1992).

Na matriz em questão, as formas Agradacionais (acumulação), são representadas pela letra maiúscula “A”, acompanhadas de duas outras letras que determinam a gênese e o processo de geração da forma de agradação. Já, as formas Denudacionais (dissecção), são representadas pela letra “D”, são acompanhadas de outras duas letras que indicam o processo morfogenético gerador da forma (SILVA, T. I., 2010).

Os Graus de entalhamento dos vales foram delineados de maneira qualitativa baseada na interpretação visual da imagem sombreada da bacia conforme os padrões de imagem de radar contidos no Projeto RADAMBRASIL (1983).

4.1.5 Mapa das Unidades Pedológicas

O mapeamento pedológico da área de influência UHE-AAI baseou-se no Mapa de Reconhecimento dos Solos do Triângulo Mineiro, em escala 1:500000, elaborado pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), em parceria com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), no ano de 1980. A vetorização e edição foram realizadas em ambiente ArcGIS, no qual, os grupos de solos encontrados receberam informações correspondentes, de acordo com a nova classificação do Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (SILVA, T. I., 2010).

O mapa em questão foi elaborado para a caracterização pedológica e também para auxiliar na determinação da erodibilidade (Fator K) da USLE.

4.1.6 Mapa de Uso da Terra e Cobertura Vegetal

O mapa de uso do solo e cobertura vegetal utilizado para caracterizar a área de estudo e também para auxiliar a estimar o Fator CP (cobertura vegetal e práticas conservacionistas) da USLE, foi elaborado por Thallita Silva, (2010). Este foi confeccionado, por meio da aplicação de técnicas de classificação pixel a pixel, de maneira supervisionada e auxílio do método classificador MAXVER, conhecido como, *Maximum Likelihood*; com a utilização dos softwares ENVI 4.2 e ArcGIS 9.3.1, imagem ALOS AVNIR-2, de 04 de abril de 2010 e imagem LANDSAT 5 TM, de 02 de maio de 2010.

4.2 Determinação dos fatores da USLE

Para quantificar a perda anual de solo por erosão laminar é preciso ter o conhecimento das variáveis que interferem nesse processo. No que diz respeito à USLE, os fatores que a compõe foram calculados individualmente, visto que, é necessário ter todos os valores para a aplicação do modelo preditivo e, por conseguinte, para a elaboração do mapa de perda de solos.

O mapa de perdas de solo anual (A) foi obtido por meio do mapeamento e cruzamento dos fatores considerados na USLE, a saber: erosividade das chuvas (Fator R), erodibilidade dos solos (Fator K), comprimento e grau do declive (Fator LS), cobertura vegetal e práticas

conservacionistas (Fator CP). Abaixo estão os procedimentos para a determinação dos fatores da Equação Universal de Perdas de solos.

4.2.1 Determinação da erosividade das chuvas - Fator R

Inicialmente foi realizada a coleta dos dados pluviométricos no Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Águas (ANA). Esta plataforma apresenta dados oficiais de chuva, dispostos em banco de dados *Access*, contendo totais diários, mensais e anuais.

Foram também obtidos dados em séries históricas junto ao Laboratório de Climatologia da Universidade Federal de Uberlândia, que dispõe de estação climatológica própria. A seguir está a tabela com as informações referentes às estações pluviométricas (Tabela 1).

Na área de influência da UHE-AAI não foram identificadas estações climatológicas em funcionamento e/ou que possuísse registros consistentes de dados. Diante deste fato, foram utilizadas as estações localizadas nas proximidades da área de estudo, totalizando seis estações. Sendo, cinco estações com série histórica de 30 anos, no período de 1981 a 2011 e uma estação com série de 18 anos, compreendendo o período de 1978 a 1996 (Mapa 8).

Após a coleta, os dados da precipitação pluvial foram organizados em planilhas do *Excel*, com a finalidade de facilitar a compreensão do regime pluviométrico, o padrão de distribuição das chuvas e a comparação dos índices de erosividade ao longo dos anos.

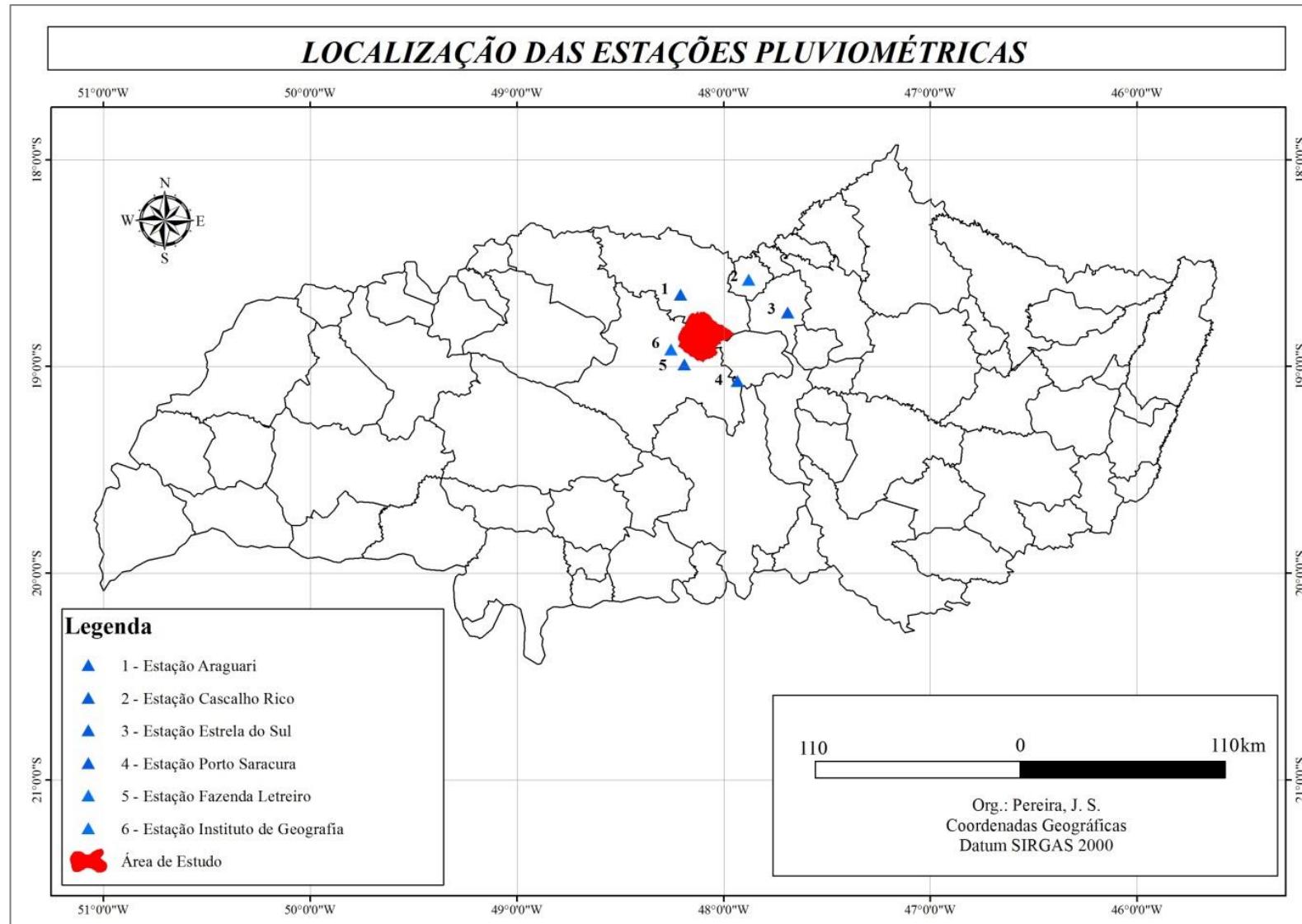
Nesse sentido, foi elaborado um gráfico contendo as precipitações médias mensais das estações pluviométricas com a sua referente série histórica. Haja vista, que as informações dispostas em forma de gráfico são mais fáceis de serem visualizadas e consequentemente entendidas.

Tabela 6- Características das estações pluviométricas utilizadas para o cálculo da erosividade das chuvas na área de estudo.

Nº	Código	Nome	Município	UF	Latitude	Longitude	Altitude	Responsável	Operadora	Período	Média Geral
01	01948006	Fazenda Letreiro	Uberlândia	MG	-18°59'18"	-48°11'25"	815 m	ANA	CPRM	1981 - 2011	1520,8 (mm)
02	01947019	Porto Saracura	Indianópolis	MG	-19°4'7"	-47°56'3"	700 m	ANA	ANA	1978 - 1996	1426,8 (mm)
03	1848010	Araguari	Araguari	MG	-18°39'4"	-48°12'33"	957 m	ANA	CPRM	1981 - 2011	1492,5 (mm)
04	1847001	Estrela do Sul	Estrela do Sul	MG	-18°44'17"	-47°41'24"	771 m	ANA	CPRM	1981 - 2011	1465,2 (mm)
05	1847007	Cascalho Rico	Cascalho Rico	MG	-18°34'44"	-47°52'45"	810 m	ANA	CPRM	1981 - 2011	1776 (mm)
06	-	Uberlândia	Uberlândia	MG	-18°55'02"	-48°15'20"	876 m	IG-UFU	IG-UFU	1981 - 2011	1567,5 (mm)

Fonte: Estações nº 01 a 05 -<<http://hidroweb.ana.gov.br>>. Estação nº 06- Laboratório de Climatologia (IG-UFU). Org. PEREIRA, J.S. 2013.

Mapa 18 - Estações Pluviométricas próximas a Área de Influência da UHE Amador Aguiar I.



Com os valores da precipitação organizados foi determinado o índice de erosividade anual, Fator R. Entretanto, para o cálculo de R, foram calculados inicialmente os índices de erosividade mensal (EI) de cada estação pluviométrica, utilizando-se da metodologia proposta por Lombardi Neto (1977) apud Nascimento (1998), (Equação 2). Nessa equação são considerados os valores médios e totais da precipitação pluvial.

$$EI = 89,823 \left(\frac{r^2}{P} \right)^{0,759} \quad (2)$$

EI - índice de erosividade média mensal (MJ.mm/ha/h),

r - precipitação média mensal (mm);

P - precipitação média anual (mm).

Por meio dos índices de erosividade média mensal (EI) foi possível realizar o cálculo da erosividade anual (Fator R), obtido pela somatória das médias mensais do (EI) de cada estação pluviométrica, considerando a série histórica estabelecida (Equação 3). Igualmente aos gráficos, os cálculos dos índices de erosão e erosividade das chuvas, também foram realizados no *software Excel* 2010.

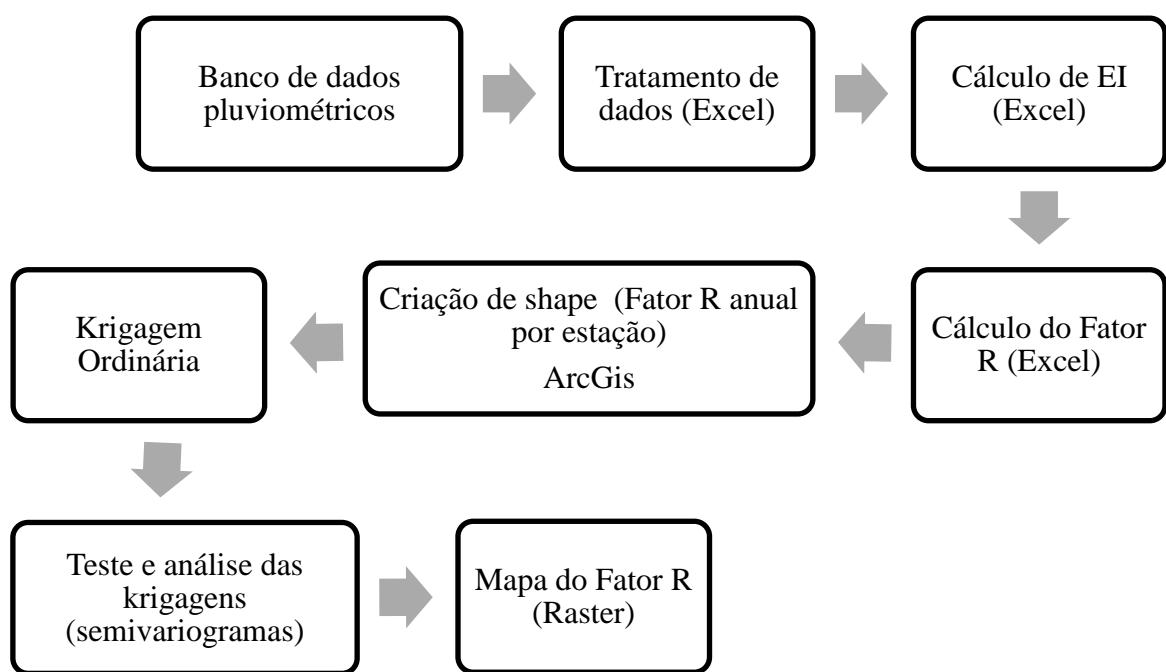
$$R = \sum EI \quad (3)$$

R - Erosividade anual (MJ.mm/ha.h.ano),

EI - índice de erosividade média mensal (MJ.mm/ha.h.mês).

Posteriormente, os valores da erosividade anual foram espacializados através da Krigagem Ordinária, com o uso do módulo *Interpolation - Kriging* do pacote de aplicativos ArcGis 9.3.1 da ESRI. Abaixo está o fluxograma contendo as etapas realizadas para a determinação do Fator R, bem como para a sua espacialização (Fluxograma 1).

Fluxograma 5 - Procedimentos operacionais realizados para a determinação do Fator R da USLE.

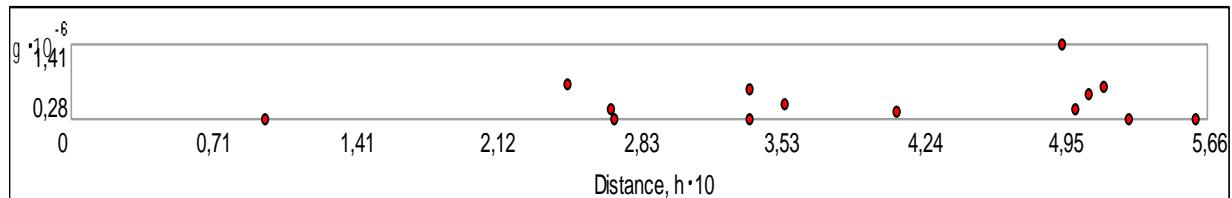


Fonte: PEREIRA, J.S, 2014.

O método Krigagem foi escolhido por apresentar menores erros de interpolação dos parâmetros avaliados e também por proporcionar uma distribuição mais uniformizada dos dados. Os interpoladores possuem algumas funções interessantes, que permitem uma prévia avaliação dos resultados antes de espacializá-los. Os gráficos gerados pelo modelo de semivariogramas possibilita a análise da autocorrelação espacial entre os pontos amostrais considerados, nesse sentido, deduz-se que os pontos que estão próximos são semelhantes (Gráfico 2).

Cada ponto em vermelho representa um par de localizações dos valores da erosividade, é observado que os pontos apresentam relativa proximidade, evidenciando que não existe grande variabilidade espacial entre a localização das estações pluviométricas e os valores da erosividade das chuvas. Assim, através da análise dos semivariogramas foi possível realizar a espacialização, considerando que esse recurso imprime maior confiabilidade à aplicação da Krigagem. Todas as análises foram realizadas por meio da extensão *Geostatistical Analyst*.

Gráfico 5 - Semivariograma gerado pelo ArcGis 9.3.1. Indica a dependência espacial dos valores da erosividade da chuva.



Fonte: ESRI, 2014.

4.2.2 Determinação da erodibilidade dos solos - Fator K

De acordo com Silva et al., (2009), a erodibilidade do solo, representada pelo Fator K da USLE, consiste na suscetibilidade do solo à erosão hídrica. É um atributo próprio de cada tipo de solo e constitui um fator fundamental para a previsão de perdas de solo e consequentemente para um melhor planejamento desse recurso.

A erodibilidade exerce influência na infiltração da água no solo, na desagregação pelo impacto da gota de chuva e na resistência ao transporte pelo fluxo superficial, interferindo no comportamento do solo, frente aos processos erosivos (ARAUJO; SALVIANO; NETO, 2011; CORRECHEL, 2003; MANNIGEL et al., 2002).

A erodibilidade do solo (Fator K) pode ser determinada por métodos diretos ou indiretos. Os métodos diretos envolvem determinações em campo, com chuva natural e/ou simuladas, além de grande dispêndio de tempo e recursos financeiros, (ARAUJO; SALVIANO; NETO, 2011; LIMA et al., 2007; MANNIGEL et al., 2002).

Diante de tal situação tornaram necessária a estimativa do Fator K por meios mais simplificados, denominados métodos indiretos de determinação da erodibilidade. Estes são constituídos de equações matemáticas que levam em consideração atributos morfológicos, físicos, químicos e mineralógicos dos solos (ARAUJO; SALVIANO; NETO, 2011; CASTRO et al., 2011; LIMA et al., 2007; MANNIGEL et al., 2002).

Nessa perspectiva, o fator de erodibilidade do solo (K) foi calculado pelo método indireto, considerando a granulometria, através da expressão de Bouyoucos (1935), descrita por Castro et al., (2011); Bertoni & Lombardi Neto (1990); Mannigel et al., (2002); Silva; Alvares e Watanabe (2011), e Vale Junior et al., (2009). Tal método consiste em uma expressão matemática simples que considera na resistência à erosão, as porcentagens de areia, silte e argila dos solos (Equação 4).

$$\mathbf{Fator\,K = ((\%{\,}areia + \%{\,}silte) / (\%{\,}argila)) / 100} \quad (4)$$

- ✓ Fator K: erodibilidade do solo (t.ha.h/ ha.MJ.mm).
- ✓ Areia (%), silte (%) e argila (%): frações granulométricas.

A textura do solo constitui-se numa das características físicas mais estáveis, é considerado um elemento de grande importância na descrição, identificação e classificação do solo. A composição granulométrica faz referência ao conjunto das frações ou partículas do solo, desde as mais finas de natureza coloidal, até as mais grosseiras. A textura refere-se à distribuição

das partículas do solo de acordo com o seu tamanho, e podem ser divididas em três frações texturais: areia, silte e argila (IBGE 2007) (Tabela 2).

Tabela 7 - Divisão granulométrica do solo conforme o diâmetro das partículas.

MATERIAL	DIÂMETRO
AREIA GROSSA	0,2 - <2 mm
AREIA FINA	0,05 - <0,2 mm
SILTE	0,002 - 0,05
ARGILA	< 0,002

Fonte: IBGE (2007). Adaptada por PEREIRA, J.S. 2013.

Para a aplicação da USLE é necessário ter o conhecimento da erodibilidade (K) dos tipos de solos pertencentes à área de estudo. No entanto, em áreas mais extensas essa questão acaba sendo dificultada, principalmente pela indisponibilidade de mapas pedológicos com maiores detalhes.

Considerando que dificilmente os solos possuem limites rígidos na paisagem é comum haver faixas de transição entre eles, fato responsável por impedir a delimitação exata dos tipos pedológicos, sobretudo nos mapeamento em menor escala, como o mapa de reconhecimento utilizado para classificar os solos da área de Influência da UHE-AAI.

Neste contexto, para a determinação da erodibilidade dos solos na área de estudo foi realizada a média ponderada²¹, considerado a associação de solos correspondentes.

Os valores das frações granulométricas utilizadas para determinar o Fator K, foram compilados dos trabalhos realizados por Bloise²² et al., (2001), Chuquipiondo²³ (2007), Oliveira, Gonçalves e Martins²⁴ (2010) e também do banco de dados disponibilizado pelo Laboratório de Geomorfologia e Erosão dos Solos (LAGES), do Instituto de Geografia –

²¹ No cálculo da média ponderada são considerados os respectivos “pesos” de cada indivíduo, ou seja, a sua importância relativa no conjunto de dados.

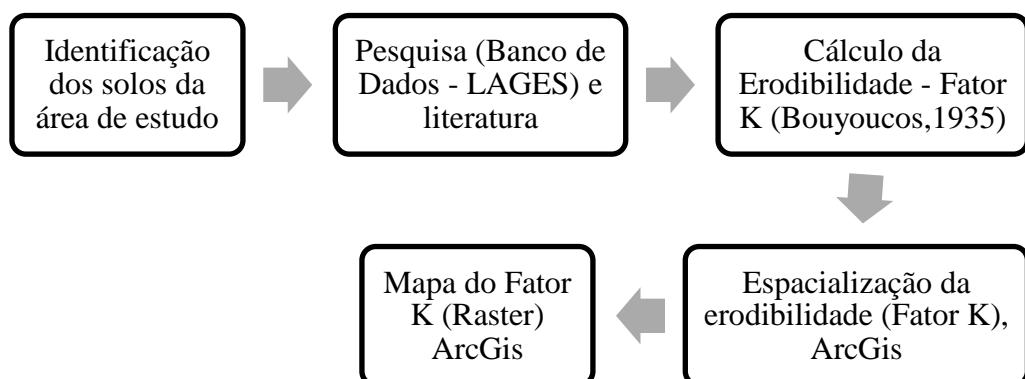
²² Erodibilidade do Neossolo Litólico. Bacia do Rio Olaria – DF.

²³ Erodibilidade do Cambissolo Háplico. Área de Influência da UHE Amador Aguiar I - MG.

²⁴ Erodibilidade do Nitossolo Vermelho. Rio Tijuco - MG.

UFU. No qual, consta análises de textura dos diferentes tipos de solos da Área de Influência da UHE-AAI, a granulometria considerada refere-se aos horizontes superficiais dos solos, visto que, o intuito do trabalho é estimar a perda de solo por erosão laminar.

Fluxograma 6 - Procedimentos operacionais realizados para a determinação do Fator K da USLE.



Fonte: PEREIRA, J.S, 2014.

4.2.3 Determinação do comprimento de rampa e declividade – Fator LS

O Fator LS da USLE diz respeito ao comprimento de rampa e a declividade do terreno, essas variáveis exercem grande influência na intensidade do escoamento superficial em uma vertente e consequentemente no desencadeamento dos processos erosivos. Segundo Amorim, Silva e Pruski (2009), a intensidade da erosão hídrica sofre influência tanto da distância ao longo da qual se processa o escoamento superficial, quanto pela própria declividade do terreno.

Existem várias metodologias para o cálculo do fator topográfico, desde os métodos de determinação em parcelas *in loco* até os disponibilizados pelos softwares. Os métodos manuais em âmbito geral são muito trabalhosos e exigem grande dispêndio de tempo,

principalmente no que tange a obtenção do comprimento de rampa²⁵. Outra questão importante é o tamanho da área destinada a este estudo, quanto maior a extensão da área maior também será a estrepação das informações adquiridas, o que pode acarretar pouca confiabilidade aos resultados alcançados.

Neste contexto, objetivou-se para o trabalho, determinar de maneira informatizada o Fator Topográfico (LS), com o intuito de obter informações mais pontuais a respeito das variáveis analisadas.

Para a determinação do Fator LS na Área de Influência da UHE – AAI utilizou-se os dados ASTER GDEM²⁶ (*Advanced Spacebone Thermal Emission and Reflection Radiometer*), GDEM (*Global Digital Elevation Model*), as cenas utilizadas foram a ASTGTM2_S19W048 e a ASTGTM2_S19W049, obtidas no dia 17 de outubro de 2011.

As imagens ASTER presentam resolução espacial de 30 metros sem a necessidade de interpolação (ENGESAT, 2014). De posse do MDE (Modelo Digital de Elevação), foi empregada o algoritmo proposto por Wishmeier e Smith (1978) (Equação 5) em que:

$$LS = (\lambda/22.1)^m * (0.065 + 0.045 \theta + 0.0065 \theta^2) \quad (5)$$

- ✓ λ = Comprimento da encosta (rampa), em m;
- ✓ θ = Inclinação da encosta (%),
- ✓ m = Parâmetro de ajuste que varia em razão da declividade da encosta, admitindo-se valor de 0,5 para declividade maior ou igual a 5%, de 0,4 para declividade de 3,5 a 4,5%, de 0,3 para declividade de 1 a 3% e de 0,2 para declividade menor que 1%.

²⁵ Ou comprimento da vertente.

²⁶ As imagens são gratuitas e estão disponíveis em <<http://gdem.ersdac.jspacesystems.or.jp/>>.

Neste aspecto, foi empregado o parâmetro 0,5 na determinação do Fator LS devido aos valores predominantes de declividade da área de estudo.

Os valores de λ e θ foram obtidos a partir MDE (ESRI, 2008). Para a determinação do valor de λ foi utilizado o método proposto por Moore e Burch²⁷ (1986) apud Silva, Alvares e Watanabe (2011) (Equação 6).

$$\lambda = (\text{Flow Accumulation} * \text{Cell Size}) \quad (6)$$

Onde:

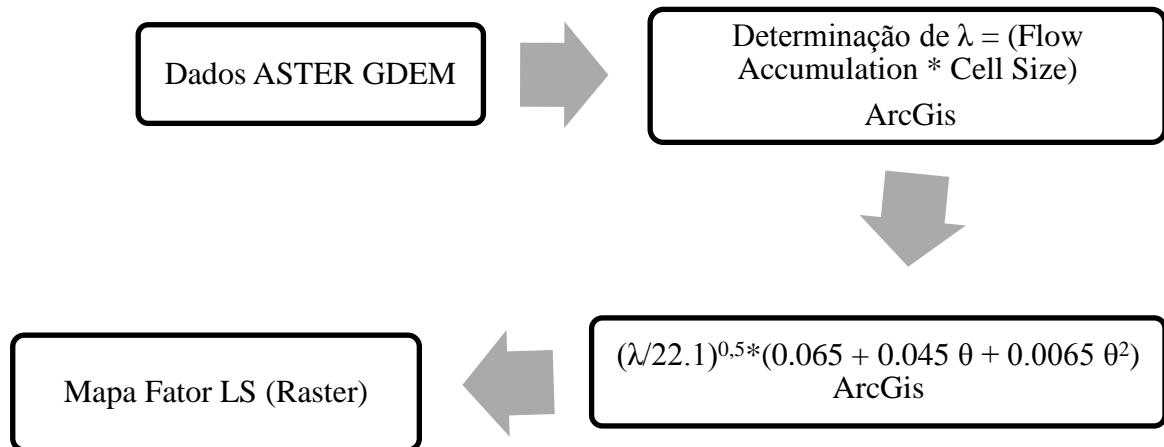
- ✓ O Fluxo de acumulação²⁸ é expresso em quadrículas (derivadas de etapas de processamento delimitação de bacias hidrográficas).
- ✓ O *Cell Size* é o próprio comprimento da célula (m).

O fluxo de acumulação foi derivado do MDE após a realização do direcionamento do fluxo no ArcGIS 9.3.1 (Fluxograma 3).

²⁷MOORE, I.; BURCH, G. Physical basis of the length-slope factor in the Universal Soil Loss Equation. **Soil Science Society of America Journal**, Vol.50, 1986, p. 1294-1298. Referência citada por Silva, Alvares e Watanabe (2011).

²⁸ Flow Accumulation

Fluxograma 7 - Procedimentos operacionais realizados para a determinação do Fator LS da USLE.



Fonte: PEREIRA, J.S, 2014.

4.2.4 Determinação da cobertura vegetal e Práticas Conservacionistas - Fator CP

Várias são as pesquisas realizadas no intuito de estabelecer os valores das variáveis, cobertura vegetal e práticas conservacionistas (Fator CP). Contudo, não há consenso na atribuição de pesos a essas variáveis, o que contribui, para a existência de variação nos valores imputados a CP.

Nos trabalhos relacionados à temática, mesmo para um uso em específico existem valores diferentes. A determinação do Fator C e P se configuram como um dos mais trabalhosos e problemáticos do modelo proposto por Wishmeier e Smith (1978), visto que, demanda efetivos experimentos de campo para a sua determinação.

No que diz respeito à determinação do Fator C, novas metodologias têm sido desenvolvidas recentemente e demonstrado muita aplicabilidade, considerando a sua eficiência e economia de tempo.

Diversos pesquisadores têm utilizado do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), método desenvolvido por Rouse²⁹ et al., (1973) apud Santos; Peluzio e Saito (2010), para efetuar o cálculo das perdas de solos por erosão laminar. Corrêa e Pinto (2011) Costa, Sousa Filho e Risso (2007); Gitas et al., (2009); Karaburun (2010) asseguram em seus estudos a eficácia do NDVI para a estimativa do Fator C. Nessa perspectiva, o presente trabalho utilizou o NDVI, sendo a metodologia empregada descrita abaixo.

Foram utilizadas imagens de satélite das plataformas Landsat TM 5³⁰ (órbita 221 e ponto 73 do WRS-2), coletada em 06/06/2011.

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) foi conseguido a partir da combinação das bandas do vermelho (banda 3) e infravermelho próximo (banda 4) do espectro eletromagnético, sendo os procedimentos realizados pela extensão *Raster Calculator* do ArcGis 9.3.1, adotando a seguinte formulação (equação 7)

(7)

$$\text{NDVI} = \frac{\rho_{\text{IVP}} - \rho_{\text{V}}}{\rho_{\text{IVP}} + \rho_{\text{V}}}$$

Onde:

- ✓ ρ_{IVP} = Reflectância no infravermelho próximo
- ✓ ρ_{V} = Reflectância no Vermelho

Os valores do NDVI variam de -1 (indicativos de ausência de vegetação) a 1 (indicativos de maior quantidade de vegetação), enquanto os valores de C variam de 0 (proteção total do solo pela cobertura vegetal) e 1 (ausência total de vegetação).

Considerando essa diferença foi necessária a realização de uma regressão linear simples entre os dois fatores para correlacionar os seus valores. De tal modo, foi utilizada a metodologia

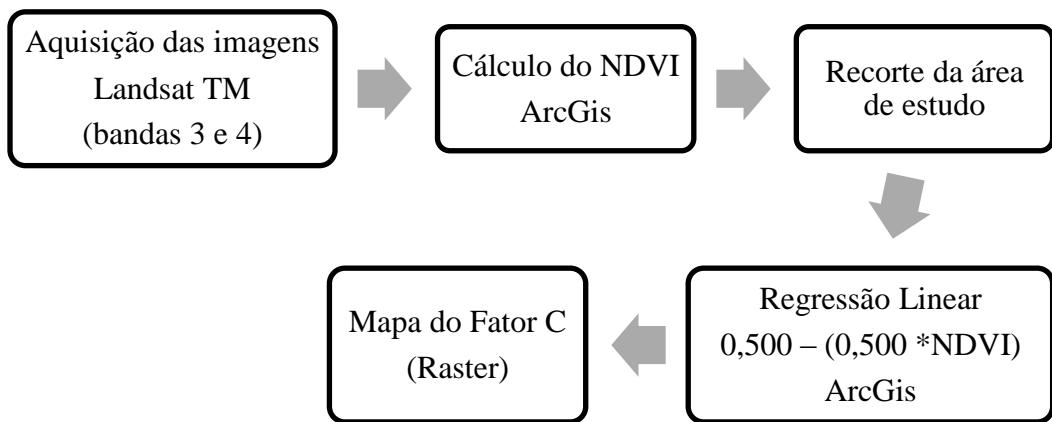
²⁹ ROUSE, J. W. et al. **Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS**, Third ERTS Symposium, NASA SP-351 I, 1973, p.309-317.

³⁰ As imagens são gratuitas e podem ser solicitadas através do endereço <<http://www.dgi.inpe.br/>>

proposta por Corrêa e Pinto³¹ (2011), (Equação 8). Após o emprego da equação no ArcGis 9.3.1, os valores de C assumiram os intervalos de 0 a 1 (Fluxograma 4).

$$\text{Fator C} = 0,500 - (0,500 * \text{NDVI}) \quad (8)$$

Fluxograma 8 - Procedimentos operacionais para a determinação do Fator C da USLE.



Fonte: PEREIRA, J.S, 2014.

O fator práticas conservacionistas é de difícil obtenção, principalmente quando consideramos áreas extensas. Determinar a prática conservacionista efetuada em determinada localidade é uma tarefa de grande complexidade, uma vez que, muitas das práticas são realizadas apenas em alguns períodos e não recebem a manutenção adequada no decorrer do tempo.

Bertoni e Lombardi Neto (2012) atribuíram alguns valores de P, para as práticas conservacionistas de proteção ao solo contra a erosão laminar (Quadro 1). Para o cálculo do fator P, foi considerada a metodologia proposta pelos pesquisadores citados acima, porém, com alguns ajustes que permitiram a sua melhor aplicabilidade para as condições da área de estudo.

³¹ Os autores efetuaram a regressão linear no software estatístico MiniTab 15 e chegaram a equação utilizada para a geração do fator C.

Quadro 2- Valores atribuídos às Práticas Conservacionistas.

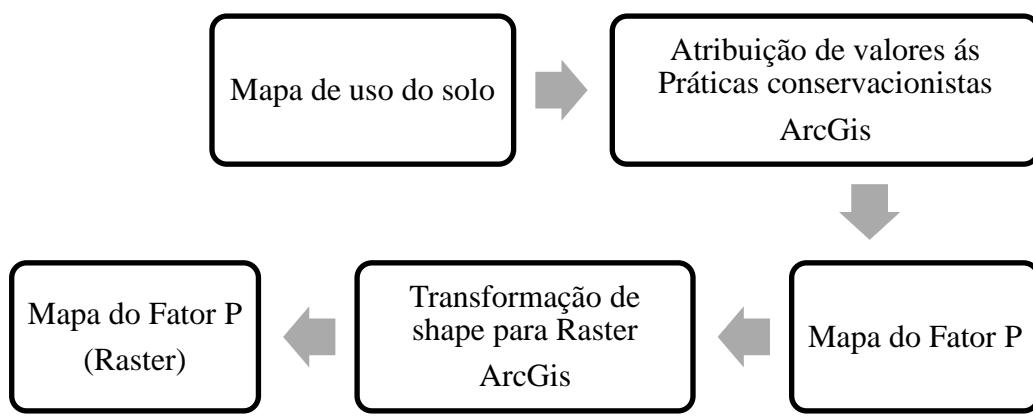
Práticas Conservacionistas	Valor de P
Plantio morro abajo	1,0
Plantio em contorno	0,5
Alternância de campinas + plantio em contorno	0,4
Cordões de vegetação permanente	0,2

Fonte: Bertoni e Lombardi Neto (2012).

Considerando as pesquisas realizadas juntamente com a averiguação em campo, constatou-se o uso de algumas práticas conservacionistas, como plantio direto, curvas de nível, rotação de culturas, práticas tradicionais entre outras. Na área de influência da UHE-AAI, as áreas de pastagens representam a maior porcentagem no que diz respeito ao uso do solo (39%), seguido pelas áreas de cerrados, matas e (re)florestamentos com (30%) e pela agricultura com (24%).

Assim, com base no mapa de uso e ocupação do solo foram atribuídos para o fator P os seguintes valores: ($P=0,5$), para as todas as áreas de agricultura (ciclo longo e ciclo curto) e pastagem; ($P=0,2$), para áreas de vegetação permanente e ($P=0$), para os demais usos. Os valores de P foram espacializados por meio do ArcGis 9.3.1(Fluxograma 5).

Fluxograma 9 - Procedimentos operacionais realizados para o cálculo do Fator P da USLE.



Fonte: PEREIRA, J.S, 2014.

Após a determinação de todos os fatores da USLE foi realizado o cálculo da perda de solos de acordo com a metodologia proposta por Wishmeier e Smith (1978). Por meio da extensão *Raster Calculator* do ArcGis 9.3.1 foi possível inserir os 5 mapas gerados (matrizes numéricas - *Raster*) correspondentes aos fatores R, K, LS, C e P da equação.

As matrizes numéricas em questão foram georreferenciadas e sobrepostas espacialmente e multiplicadas entre si através de operações de análise espacial. Posteriormente foram classificadas em intervalos de interesse, originando o mapa de perda por erosão laminar da área de influência da UHE-AAI. O mapa em questão representa a integração dos principais fatores influentes no processo de erosão laminar.

5 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

*“O meu olhar é nítido como um girassol.
Tenho o costume de andar pelas estradas
Olhando para a direita e para a esquerda,
E de, vez em quando olhando para trás...
E o que vejo a cada momento
É aquilo que nunca antes eu tinha visto,”*

*“E eu sei dar por isso muito bem...
Sei ter o pasmo essencial
Que tem uma criança se, ao nascer,
Reparasse que nascera deveras...
Sinto-me nascido a cada momento
Para a eterna novidade do Mundo...”*
Alberto Caeiro [Fernando Pessoa]

Este capítulo tem por objetivo apresentar os resultados alcançados com a pesquisa, com o intuito de entender a dinâmica erosiva no ambiente em questão. Os fatores que compõe a Equação Universal de Perdas de Solos serão avaliados separadamente, contudo, sem desconsiderar a inter-relação existente entre eles, uma vez que, na análise de perdas de solos é necessário ponderar os diferentes elementos que influenciam o desencadeamento dos processos erosivos. Assim, serão apresentados os resultados e as discussões referentes á erosividade das chuvas; a erodibilidade do solo; topografia, declividade; cobertura vegetal e práticas conservacionistas.

5.1 Fator R

O conhecimento da precipitação pluvial, assim como, a sua distribuição espacial é fundamental no manejo dos recursos hídricos, na conservação dos solos e também na aplicação de modelagem preditiva de erosão laminar (FABRY, 2004; TAO et al., 2009).

Este estudo comparou os índices pluviométricos e calculou a erosividade das chuvas na área de influência da UHE-AAI. A análise dos dados de precipitação evidencia a distribuição irregular das chuvas, com máxima concentração no verão e mínima no inverno.

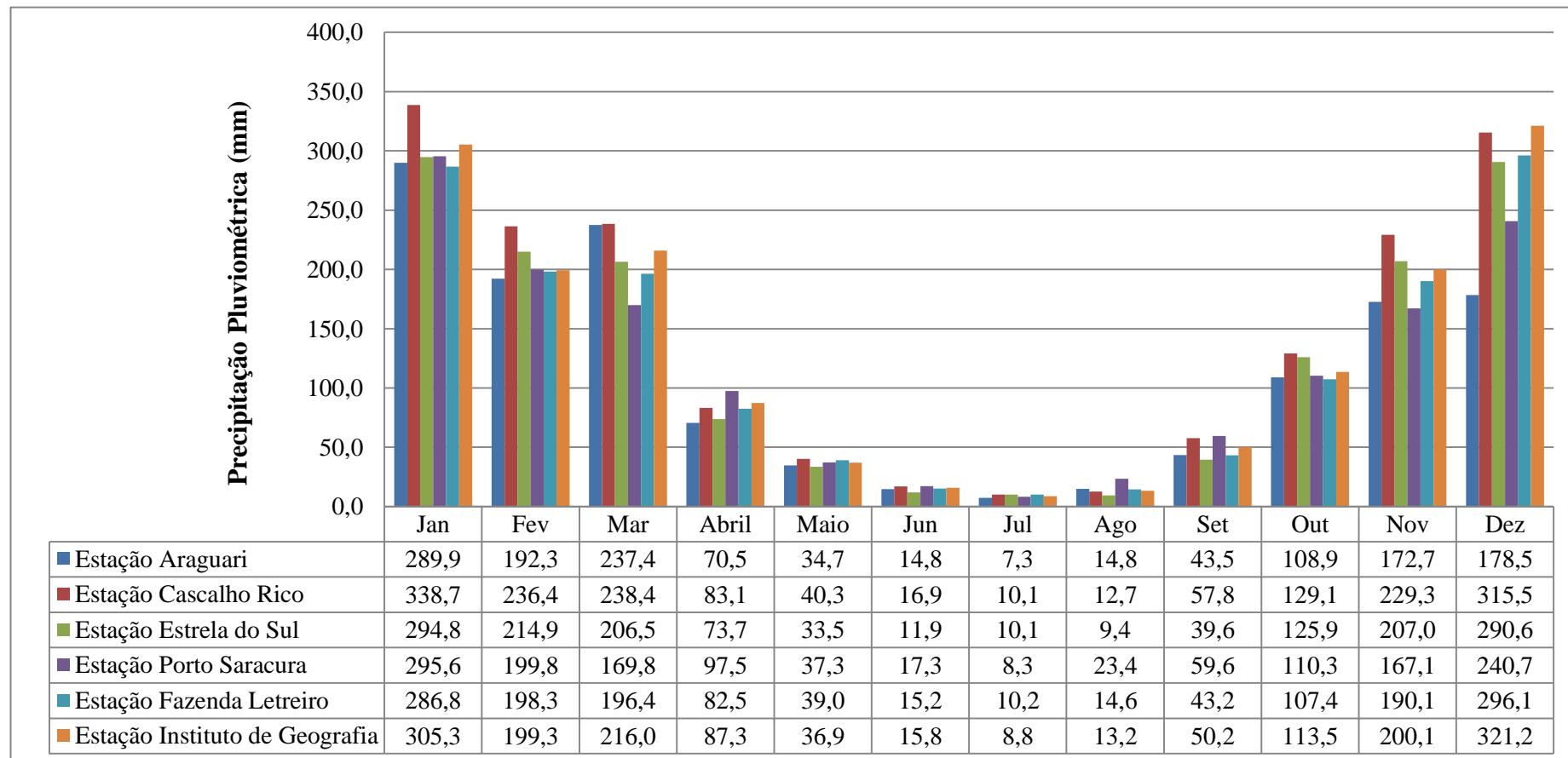
Todas as estações avaliadas indicam que a maior pluviosidade acontece de outubro a março. Essa sazonalidade é característica das regiões tropicais, na qual há duas estações bem definidas, sendo os meses de dezembro e janeiro os de maiores precipitações. Os valores de precipitação no período chuvoso alcançam totais superiores a 1.500 mm, segundo Mello et al., (2007), a região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba apresentaram os valores pluviométricos elevados e com grande incidência de chuvas erosivas.

A influência da continentalidade em nossa região acarreta as diferenças pluviométricas e também de temperaturas, além de elevada amplitude térmica diária e umidade atmosférica com índices baixos entre os meses de maio a agosto. A diferença entre os volumes pluviométricos são significativas, chegando a atingir uma amplitude com variações de mais de 300 mm entre os meses mais secos e os meses mais chuvosos. Os meses de junho a agosto apresentam os menores valores, não ultrapassando os 25 mm médios mensais (Gráfico 3).

No verão, a precipitação pluvial sobrevém de forma mais acentuada, particularidade das chuvas convectivas, que ocorrem de maneira intensa e em curto período de duração. É justamente neste período, que os solos são preparados para os diferentes cultivos, sendo imprescindível planejar o manejo dos plantios com intuito de impedir que os solos estejam desprotegidos durante os períodos com maior incidência das chuvas.

Verificou-se uma amplitude geral de 2.718 mm para os totais anuais de precipitação, com o valor mínimo de precipitação pluviométrica de 581,1 mm, registrado em 1996 na estação Porto Saracura, e máximo de 3299,1 mm, registrado em 1987 na estação Cascalho Rico (Tabela 4).

Gráfico 6 - Precipitação pluviométrica média mensal.



Fonte: <<http://hidroweb.ana.gov.br>> e Laboratório de Climatologia da Universidade Federal de Uberlândia Org. PEREIRA, J.S. 2013.

Os desvios padrão variam de 245,8 mm (estação IG-UFU), a 622,4mm (estação Cascalho Rico), consequentemente a amplitude interna de cada estação varia de 1222 mm (estação Araguari), a 2272,2 mm (estação Cascalho Rico).

Embora a amplitude demonstre a dinâmica da precipitação na área analisada, os índices pluviométricos em âmbito geral não exibem grandes irregularidades entre um ano e outro, a tabela 3, expõe a variação da precipitação durante a série histórica considerada para este estudo.

No que tange a amplitude geral das médias anuais, o valor elevado de 2.718 mm, pode ser entendido de acordo com as hipóteses levantadas por Oliveira (2006), a saber: diferença na distribuição da precipitação devido a sua localização; ocorrência de ciclos climáticos mais secos ou mais úmidos no decorrer do período avaliado; equívocos operacionais de registro de dados ou até mesmo a junção de todas essas hipóteses citadas.

Em âmbito geral, observa-se que os coeficientes de variação não demonstram diferenças significativas entre as médias pluviométricas anuais registradas pelas estações, sendo o valor máximo alcançado de 35, 8 %, para os dados da estação Araguari e o mínimo 15,7 %, para a estação do Instituto de Geografia (IG-UFU).

Observando os dados da precipitação pluviométrica ao longo da série histórica considerada é percebido a não caracterização de anos efetivamente mais secos, visto que, os menores valores não se repetem em todas as estações analisadas. Assim, as diferenças registradas podem estar relacionadas com a própria localização da estação ou até mesmo a erros de registro.

Tabela 8 - Totais pluviométricos (mm) anuais entre 1978 e 2011.

Ano	Porto Saracura	Araguari	Cascalho Rico	Estrela do Sul	Fazenda Letreiro	Instituto de Geografia
1978	1874,8	-	-	-	-	-
1979	1630,5	-	-	-	-	-
1980	1118,5	-	-	-	-	-
1981	922	1600,6	1455,8	1406,7	1326,3	1503,6
1982	1461,3	1891,3	1622,4	1724,9	1845,9	2207,1
1983	2489,4	1812,1	2013,7	2484,4	1875,9	1963
1984	1336,3	1043,3	1026,9	1177,6	1273,9	1278
1985	1479,2	1518,8	1579,1	1394,5	1200,2	1572,7
1986	1559,7	1483,8	1304,7	1352,4	1312,9	1555,1
1987	2003,1	1476,5	3299,1	1428,4	1587,5	1477,2
1988	1248	1356,4	3153	1388,6	998,8	1514,5
1989	922	1582,1	3237,8	1879,7	1516,9	1406,5
1990	1366	1266,4	2089,7	1012,8	1096,1	1012,6
1991	1871,1	2256,4	2994	1583,4	1273,8	1782
1992	2097	1555,7	2047,6	1884,1	2059,9	1969,5
1993	1657,3	1034,4	1710,5	1211,8	1543,4	1642
1994	757,1	1615,4	1708	1438,2	1284,4	1621,4
1995	734,1	1261,3	2118,6	1689,8	1462,9	1662,1
1996	581,1	1650,3	1412	1225,8	1219,2	1443,7
1997	-	1446,2	1528,8	1409,4	1671,4	1814,2
1998	-	1094,9	1221,8	982,7	1231,9	1313,7
1999	-	1179,1	1304,7	1200,2	1274,4	1284
2000	-	1781,9	1893,1	1742,4	1547,9	1828,7
2001	-	1646,2	1367,3	1367,2	1461,6	1428,6
2002	-	1446,7	1305,2	1367,3	1431,4	1485,1
2003	-	1390	1599,6	1822,6	1937,7	1646,5
2004	-	1346,5	1556,6	1538,2	1437,7	1555,4
2005	-	1788,1	2005,1	1327,7	1565,3	1453,3
2006	-	1414,76	1622,8	1464,9	2284,6	1864,3
2007	-	1389	1053,1	1193,1	1626	1531,6
2008	-	1557,5	1595,8	1671,7	1749,7	1701,4
2009	-	1695,8	1177,3	1323,8	2076,6	1388,6
2010	-	1273,8	1242,2	1335,5	1287,2	1258,2
2011	-	1411,8	1811,2	1390,8	1684	1426,4
Máx.⁽¹⁾	2489,4	2256,4	3299,1	2484,4	2284,6	2207,1
Min.⁽²⁾	581,1	1034,4	1026,9	982,7	998,8	1012,6
Média.⁽³⁾	1426,8	1492,5	1776,0	1465,2	1520,8	1567,5
Dp.⁽⁴⁾	511,9	261,3	622,4	298,3	307,4	245,8
Cv.(%)⁽⁵⁾	35,8	17,5	35,0	20,3	20,2	15,7
Amp.⁽⁶⁾	1908,3	1222	2272,2	1501,7	1285,8	1194,5

Estatísticas dos dados pluviométricos. ⁽¹⁾Valor Máximo; ⁽²⁾Valor Mínimo; ⁽³⁾Média; ⁽⁴⁾Desvio Padrão; ⁽⁵⁾Coeficiente de Variação; ⁽⁶⁾Amplitude. **Fonte:** Hidroweb, Agência nacional de águas, 2013 e Laboratório de Climatologia da Universidade Federal de Uberlândia, Org. PEREIRA, J.S. 2013.

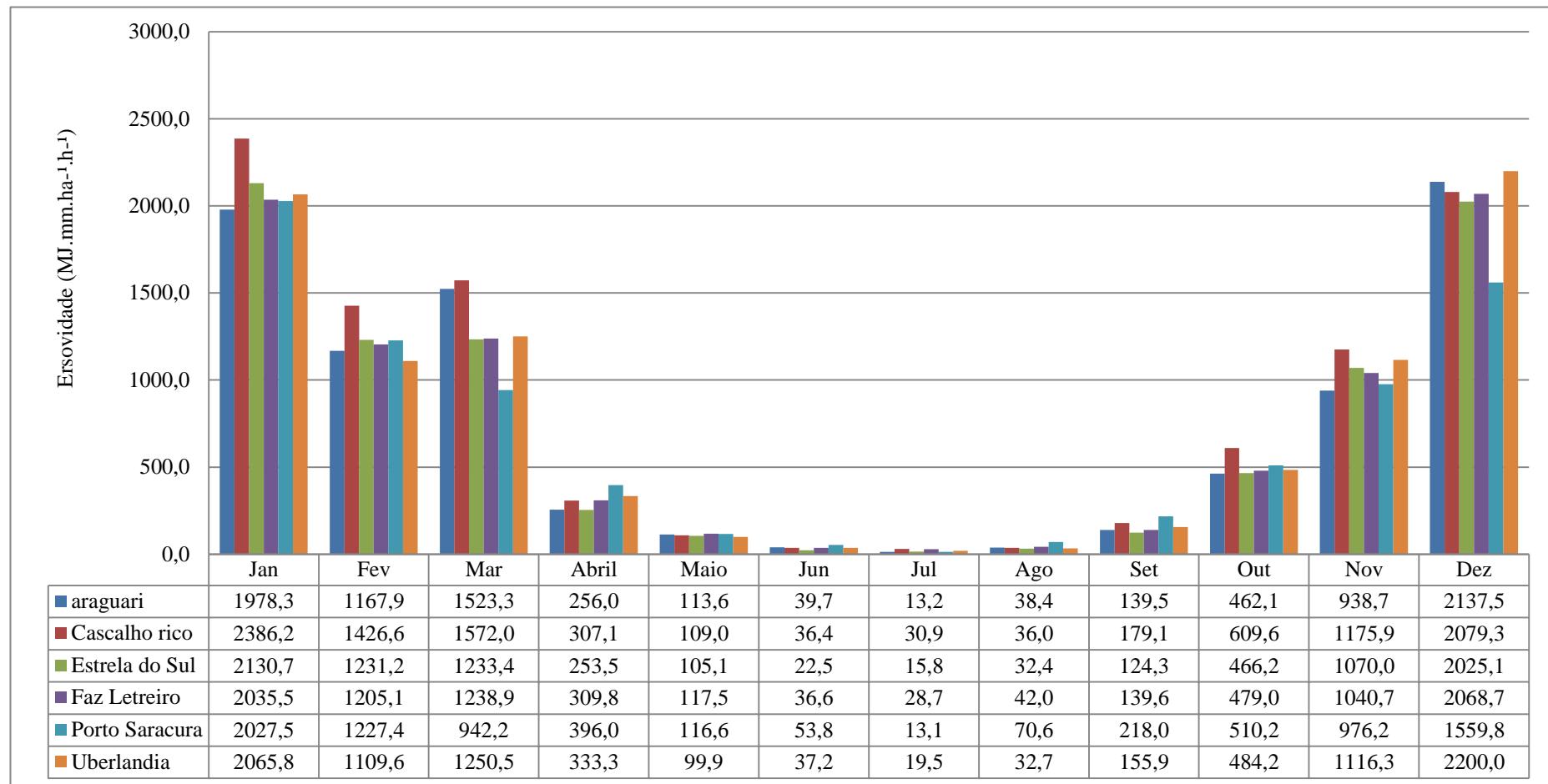
É sabido que a distribuição dos valores médios de erosividade está intimamente relacionada à precipitação, já que seu cálculo baseia-se nas médias anuais e mensais dos totais pluviométricos. Nesse sentido, a erosividade é bastante elevada nos meses mais chuvosos, principalmente dezembro e janeiro. O mês de outubro apresenta a menor erosividade em vista dos outros meses do mesmo período da estação.

No mês de Julho ocorrem precipitações mínimas, e, por conseguinte são estabelecidos os menores índices de erosividade, visto que, nesse mês dificilmente ocorrem precipitações intensas e sequenciais, todos esses aspectos são intrínsecos ao período de inverno.

O gráfico a seguir demonstra erosividade média (EI), das estações pluviométricas de 1981 a 2011. Como já mencionado anteriormente, somente a estação Porto Saracura não contempla a série histórica de 30 anos, sendo considerados 18 anos (Gráfico 4).

A maior erosividade mensal foi de 2386,2 MJ. mm.ha⁻¹ mês⁻¹, expressa pela estação Cascalho Rico no mês de janeiro, já a menor foi de 13,1 MJ.mm.ha⁻¹ mês⁻¹, registrada pela estação Porto Saracura, em julho. Dessa forma, é menor o risco de perda de solo por erosão laminar no período do inverno. O valor médio anual da erosividade (Fator R) encontrado foi de 8881,9 MJ.mm.ha⁻¹ ano⁻¹, com variação de 4911,6 a 15192,9 MJ.mm.ha⁻¹ ano⁻¹ (Tabela 4).

Gráfico 7 - Erosividade média por estação pluviométrica.



Fonte: <<http://hidroweb.ana.gov.br>> e Laboratório de Climatologia da Universidade Federal de Uberlândia Org. PEREIRA, J.S. 2013.

Tabela 9 - Erosividade anual (MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹) por estação pluviométrica.

Ano	Porto Saracura	Araguari	Cascalho Rico	Estrela do Sul	Fazenda Letreiro	Instituto de Geografia
1978	9205,2	-	-	-	-	-
1979	9162,5	-	-	-	-	-
1980	6675,6	-	-	-	-	-
1981	6433,3	9246,1	9302,0	8418,5	8126,0	9051,0
1982	8978,2	10429,8	10590,0	10955,6	10331,1	11568,9
1983	13202,4	10103,7	10896,1	11977,6	9402,3	9704,9
1984	7171,1	6073,7	6322,3	6650,5	7034,6	7269,9
1985	9181,9	9827,4	10233,3	9748,0	8419,1	10202,1
1986	8963,8	8883,6	7768,5	8133,1	8054,9	9258,2
1987	10825,2	8827,5	14766,0	7858,6	8831,2	8528,6
1988	7409,8	8003,3	13889,3	8407,1	7032,2	8366,5
1989	6433,3	9274,3	14287,0	10589,6	8495,0	8129,1
1990	6838,2	7286,3	9323,4	6062,7	5798,0	5498,9
1991	10244,6	12652,6	15192,9	9265,9	8023,8	10345,9
1992	10819,3	8278,6	11131,2	10498,7	10350,8	10459,6
1993	8632,9	6706,0	9344,5	8234,4	8805,2	8757,4
1994	5422,2	11204,8	9760,6	9035,4	8090,8	9656,5
1995	4980,7	7562,8	11696,2	9097,3	8999,6	9510,6
1996	4911,6	8510,0	7652,5	6734,5	6951,1	8054,3
1997	-	8352,9	8989,2	8085,1	9350,9	9601,6
1998	-	6535,0	7046,9	6100,4	6792,6	7234,2
1999	-	7638,8	8280,4	7813,3	7792,5	7692,8
2000	-	9879,3	10633,6	9880,9	8823,1	10569,4
2001	-	9010,8	8138,9	8900,9	8808,5	8120,9
2002	-	9031,6	8475,4	8772,6	9237,5	9088,6
2003	-	8757,1	9539,0	11042,3	11593,1	10019,0
2004	-	8257,7	9836,0	9379,9	8877,1	8741,8
2005	-	11537,4	13049,8	8062,8	9049,3	8903,2
2006	-	8054,1	9134,4	8280,0	11330,9	9856,8
2007	-	7980,6	7186,5	7860,7	9526,8	9274,9
2008	-	9041,6	9398,3	9692,2	9327,1	9236,2
2009	-	8671,9	7050,4	7514,1	10148,0	7697,4
2010	-	8298,3	7965,6	8184,8	7958,9	7395,6
2011	-	8954,8	11512,3	8776,8	9644,1	8257,3
Máx.⁽¹⁾	13202,4	12652,6	15192,9	11977,6	11593,1	11568,9
Min.⁽²⁾	4911,6	6073,7	6322,3	6062,7	5798,0	5498,9
Média.⁽³⁾	8183,8	8802,3	9948,1	8710,1	8742,1	8904,9
Dp.⁽⁴⁾	2213,9	1419,0	2355,8	1414,3	1290,1	1235,4
Cv.(%)⁽⁵⁾	27,1	16,1	23,7	16,2	14,8	13,9
Amp.⁽⁶⁾	8290,8	6578,9	8870,5	5914,9	5795,0	6070,0

Estatísticas dos dados de erosividade da chuva. ⁽¹⁾Valor Máximo; ⁽²⁾Valor Mínimo; ⁽³⁾Média; ⁽⁴⁾Desvio Padrão; ⁽⁵⁾Coeficiente de Variação; ⁽⁶⁾Amplitude. **Fonte:** Hidroweb, Agencia nacional de águas, 2013 e Laboratório de Climatologia da Universidade Federal de Uberlândia, Org. PEREIRA, J.S. 2013.

Vários estudos sobre a determinação dos índices erosivos têm sido realizados no Brasil, com o intuito de melhor conhecer o comportamento da precipitação frente ao desenvolvimento dos processos erosivos e também estabelecer uma relativa padronização dos valores encontrados para as mais diversas localidades. Nesse sentido, são estabelecidos agrupamentos dos valores de erosividade das chuvas e atribuído qualificações para os mesmos.

Beltrame (1994) qualificou os valores da erosividade das chuvas mensais em cinco classes, respectivamente: erosividade débil; média; forte; muito forte e erosividade excessiva (Tabela 5).

Tabela 10 - Classificação da erosividade das chuvas de acordo com Beltrame (1994).

Classes (MJ.mm.ha ⁻¹ mês ⁻¹)	Qualificação
<599,04	Erosividade débil
599,04 a 675,48	Erosividade média
675,49 a 751,91	Erosividade forte
751,91 a 828,33	Erosividade muito forte
>828,33	Erosividade excessiva

Fonte: BELTRAME (1994). Org.: PEREIRA, J.S.2014.

Considerando que a média anual da erosividade para a área de estudo é de aproximadamente 8881,9 MJ.mm.ha⁻¹ ano⁻¹, os valores alcançados no período chuvoso são preocupantes, alcançando 2386,2 MJ.mm.ha⁻¹ mês⁻¹, somente em janeiro. Diante o exposto, é percebida na área de influência da UHE-AAI, à atuação da erosividade débil no período de estiagem e erosividade excessiva no período chuvoso.

Valores de erosividade acima de 8000 MJ.mm.ha⁻¹ ano⁻¹, são considerados elevados de acordo com Mello et., al (2007), e merecem maior atenção. Embora, a erosividade se constitua em mais um dos fatores responsáveis pelo desencadeamento dos processos erosivos, é preciso ter uma visão integradora desse fenômeno, considerando todas as variáveis que exercem

influência, para nesta circunstância, estabelecer técnicas preventivas ou mesmo mitigadoras da erosão. Fundamentado nos estudos de Foster³² et al., (1981), Mello et al., (2007) realizaram um zoneamento do estado de Minas Gerais diferenciando-o em regiões específicas quanto ao comportamento anual da erosividade.

Os autores afirmam que a região leste, o Triângulo Mineiro e o Alto Paranaíba apresentam os maiores valores de chuvas intensas, sendo que, a erosividade anual média no estado mineiro varia de 5.000 a mais de 12.000 MJ.mm.ha⁻¹ ano⁻¹, com total anual de precipitação variando entre 800 e 1.700 mm.

Tabela 11 - Erosividade média anual para o Estado de Minas Gerais.

Erosividade (Mj.mm.ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Qualificação	Região de Influência
4.905 - 7.357	Erosividade média a alta	Região central; parte da Zona da Mata mineira; região Sul e Nordeste de Minas Gerais.
7.357 - 9.810	Erosividade alta	Triângulo Mineiro e Noroeste do Estado; partes do Centro-norte de Minas e do Sul de Minas Gerais.
> 9.810 MJ	Erosividade muito alta	Parte do Alto Paranaíba; leste e região do entorno da Serra da Mantiqueira.

Fonte: MELLO et al.,(2007).Org. PEREIRA, J.S. 2013

Embora as diferentes estações pluviométricas estejam localizadas em áreas distintas no estado de Minas Gerais, os resultados dos índices de erosividade estimados pelos autores podem ser estendidos para à Área de Influência da UHE-AAI. Nessa perspectiva, 83% dos índices de erosividade são maiores que 7357 MJ.mm.ha⁻¹ ano⁻¹ assim, é possível classificar os valores de erosividade estimados para a área de estudo como erosividade alta e muito alta (Tabela 6).

³²FOSTER, G.R. et al. Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units. **Journal Soil Water Conservation**, v.36, p.355-359, 1981. Referência citada por Mello et al., (2007).

5.1.1 Krigagem

Existem várias metodologias para interpolar dados espaciais, como: “Inverso da Potência da Distância-IPD”, Inverso do Quadrado da Distância – IDW e a “Krigagem”. Com o intuito de descobrir o interpolador mais eficiente, alguns trabalhos surgiram com o propósito de buscar respostas e validar os métodos de aplicação para os diferentes estudos de caso.

As pesquisas realizadas por Farinasso et al., (2006); Mello et al., (2003), Oliveira (2006); Rodrigues et al., [entre 2011 e 2013]; Silva et al., (2010) e Silva et al., (2011), comprovam a eficácia da Krigagem na interpolação de dados pluviométricos frente aos outros interpoladores.

Farinasso et al., (2006) afirmam que a utilização da Krigagem Ordinária possibilita a obtenção de valores, consideravelmente, mais aproximados em comparação ao IDW, apresentando uma distribuição uniforme, diferentemente do IDW.

A Krigagem, Krigeagem ou Kriging: se configura como um método geoestatístico que fornece meios para interpolar valores para os pontos não amostrados, aproveitando o conhecimento sobre as relações de base espacial de um determinado conjunto de dados (SILVA, 2003).

Para Camargo, Fucks e Câmara (2002), a diferença da Krigagem frente aos outros métodos de interpolação é a capacidade de estimação de uma matriz de covariância espacial capaz de determinar os pesos atribuídos às diferentes amostras, além de, disponibilizar estimadores com propriedades de não tendenciosidade e consequentemente com maior eficiência.

A escolha de um modelo de interpolação apropriado é essencial para gerar mapas de espacialização confiáveis. A qualidade da interpolação espacial de dados climáticos é dependente da densidade e da distribuição dos pontos usados no cálculo, além da existência

de correlação entre os modelos estatísticos dos interpoladores e os fenômenos em estudo (SILVA et., al, 2011).

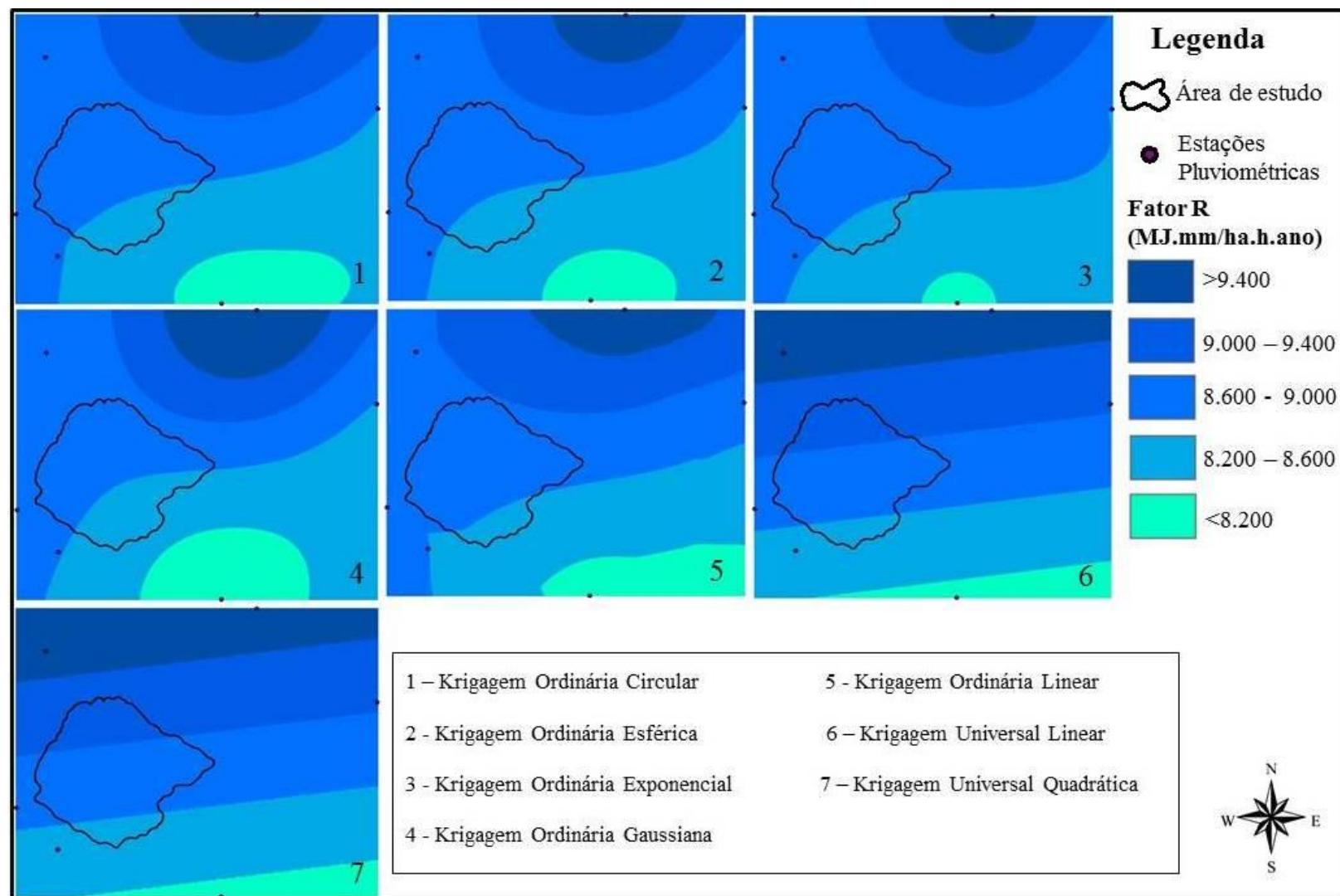
As várias formas de Krigagem utilizadas no presente estudo resultaram em espacializações peculiares, contudo, não apresentaram variações significativas na distribuição dos dados. Para a espacialização da erosividade na Área de influência da UHE-AAI, foi realizado a Krigagem Ordinária considerando os modelos, Gaussiano, Linear, Esférico, Exponencial, Circular e também a Krigagem Universal, com os modelos Linear e Quadrático (Mosaico 4).

Observando o mosaico é percebido que na Krigagem Universal tanto o modelo Linear, quanto o modelo Quadrático não apresenta variações de espacialização. Também não é visualizada grande dessemelhança entre as formas de Krigagem Ordinária, em ambos os modelos às faixas de erosividade apresentam relativa homogeneidade no que tange a sua distribuição espacial.

De acordo com a literatura, as medidas de tendência central, como a média e a mediana, também são recursos utilizados para a avaliação da distribuição da variável em estudo, quanto mais próximos esses valores se encontrarem mais uniforme é a espacialização.

Para a área de Influência da UHE-AAI os valores são respectivamente: 8881,9 (média) e 8772,2 (mediana), sendo observada uma distância entre esses valores de 109,7, embora, os valores não estejam muito distantes, a espacialização não pode ser considerada uniforme.

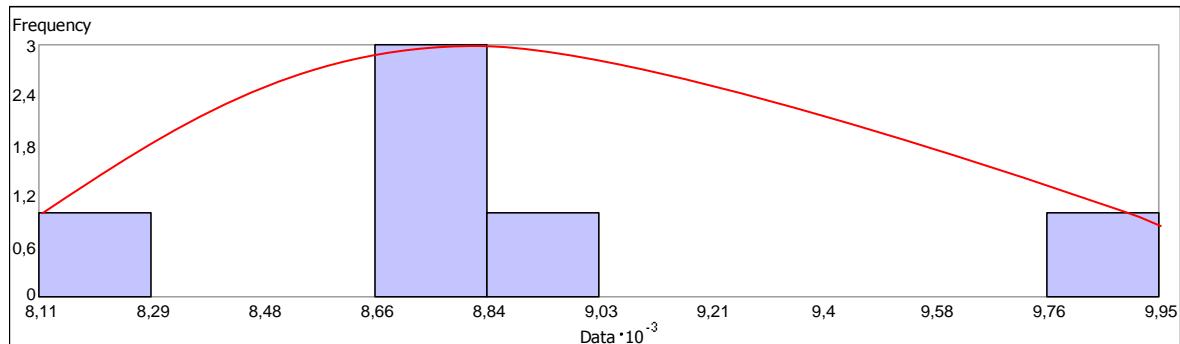
Mosaico 9 - Seleção dos mapas pluviométricos produzidos por diferentes modelos de Krigagem.



Org. PEREIRA, J.S. 2013.

O histograma á seguir (Gráfico 5) mostra que a distribuição da erosividade das chuvas é levemente alongada à direita. Neste caso, a distribuição não é classificada como simétrica, e sim positivamente assimétrica, ocasionada pela diferença entre a média e a mediana.

Gráfico 8 - Histograma da distribuição da precipitação pluviométrica.



Fonte: ESRI, 2014.

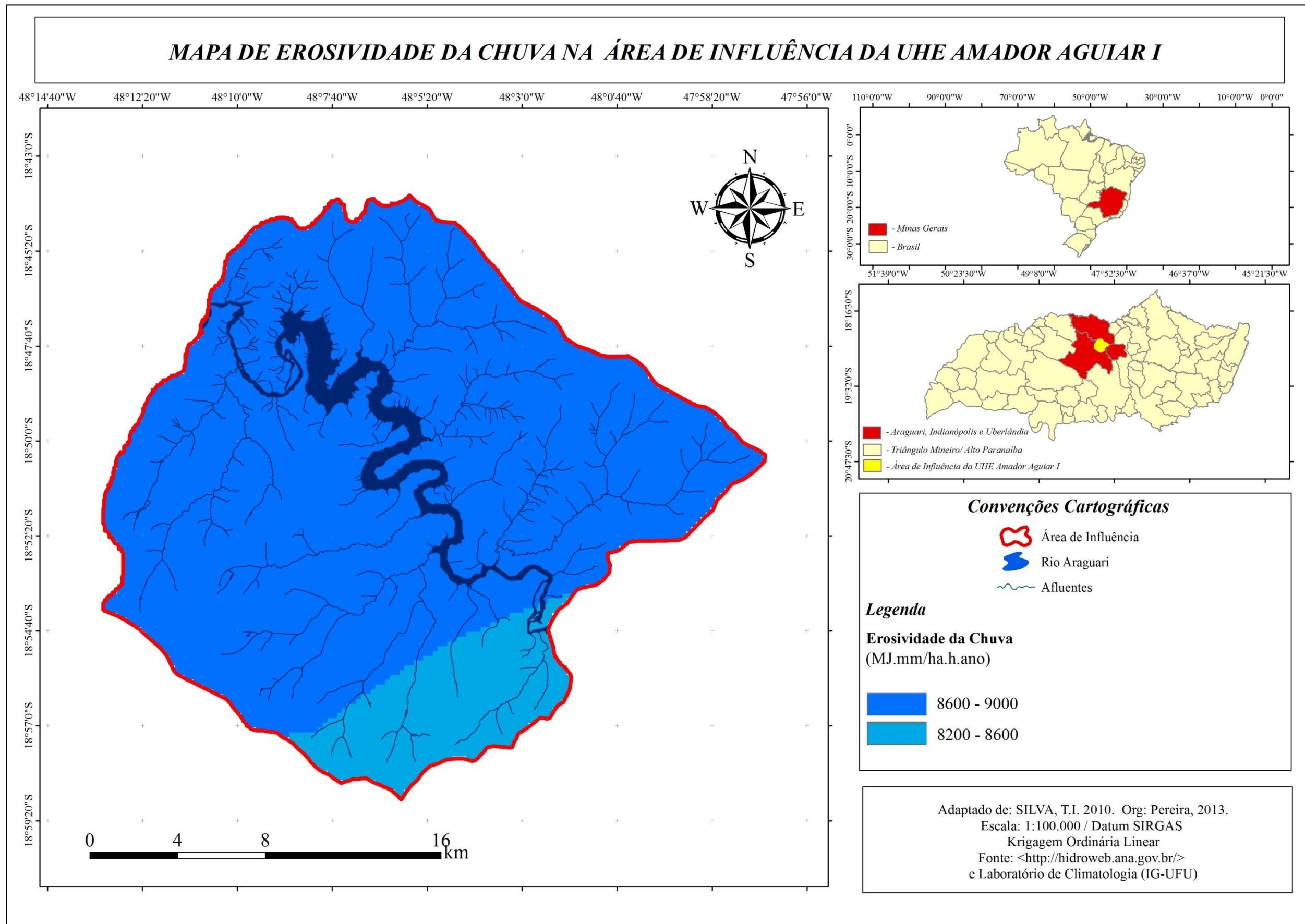
Considerando que as estações pluviométricas estão em diferentes localizações e que a Krigagem estima valores ainda não amostrados é esperado que a espacialização apresentasse uma distribuição relativamente desigual, até porque os valores da erosividade são diferentes para cada estação.

Por mais que o método em questão exclua o caráter tendencioso, ainda é bastante dependente da variabilidade espacial, não obstante, possui como atributo o controle parcial do erro aleatório, capaz de produzir resultados satisfatórios, condizente com espacialização da precipitação observada.

Foi escolhido o modelo de Krigagem Ordinária Linear para representar o índice de erosividade da chuva na Área de Influência da UHE-AAI, principalmente por não constituir formas perfeitamente simétricas ao redor das estações pluviométricas.

Na área de estudo os valores médios anuais de 8200 a 9000 Mj.mm.ha⁻¹ ano⁻¹ são predominantes e a distribuição espacial da erosividade é composta de valores mais elevados para as faixas que cortam de noroeste a leste (Mapa 9).

Mapa 19 - Distribuição da erosividade anual na área de estudo



Conforme Mello et al., (2007), o efeito orográfico e as características climáticas específicas de cada região são responsáveis por determinar o comportamento espacial da erosividade nas diversas localidades do estado de Minas Gerais. Os maiores valores de erosividade das chuvas coincide com as médias elevadas de precipitação das estações situadas em áreas com altitudes elevadas, como a estações de Uberlândia, Cascalho Rico e Araguari.

Um fator interessante observado, diz respeito à escolha das estações pluviométricas a serem consideradas na análise dos dados de precipitação. A princípio para a análise da distribuição da erosividade na Área de Influência da UHE-AAI foram escolhidas aproximadamente 13 estações, localizadas em diferentes municípios do Triângulo Mineiro e com equidistâncias variadas em relação à área de estudo.

As análises iniciais dos dados pluviométricos apresentaram maior variabilidade no que tange a espacialização dos dados e também maiores desvios padrão e variância, o que pode estar diretamente relacionado às próprias diferenças de altitude das estações.

Nesse sentido é necessário nos estudos de distribuição da precipitação e/ou erosividade das chuvas, ter cautela na escolha das estações a serem utilizadas, visto que, uma avaliação muito generalizada pode superestimar as informações e consequentemente tornar as avaliações mais complicadas e menos fidedignas com a realidade vigente.

5.2 Fator K

Os valores da erodibilidade dos solos estimados para área de Influência da UHE-AAI, através da expressão de Bouyoucos (1935) bem como, as frações granulométricas constituintes estão descritas abaixo (Tabela 7).

Tabela 12 - Determinação da erodibilidade dos solos, Fator K da USLE.

Tipos de solos	Areia Grossa (%)	Areia Fina (%)	Silte (%)	Argila (%)	K (t.ha.h/MJ.mm.ha)
Latossolo Vermelho ⁽¹⁾ Distrófico ou Distrófico epiálico	10,60	04,83	05,07	79,01	0,002
Latossolo Vermelho ⁽¹⁾ Distrófico ou Aluminoférreico	13,88	06,52	04,90	74,54	0,003
Cambissolo Háplico ⁽²⁾	07,00	60,00	20,00	13,00	0,051
Argissolo ⁽¹⁾ Vermelho-Amarelo Eutrófico	50,00	29,85	03,00	16,20	0,054
Latossolo Vermelho ⁽¹⁾ Eutrófico	30,00	42,45	02,46	25,00	0,029
Nitossolo Vermelho ⁽³⁾	04,60	25,70	15,9	53,80	0,008
Neossolo Litólico ⁽⁴⁾	-	-	-	-	0,036 ³³

Fonte: ⁽¹⁾Banco de dados do Laboratório de Geomorfologia e Erosão dos Solos (LAGES-IG); ⁽²⁾Chuquipiondo (2007); ⁽³⁾Oliveira, Gonçalves e Martins (2010); ⁽⁴⁾Bloise et al., (2001).: Org: PEREIRA, J.S. 2014.

A erodibilidade possui variabilidade conforme a natureza do solo e seu posicionamento na paisagem. A classe dos Latossolos Vermelhos geralmente apresenta pouca erodibilidade, a sua localização em áreas pouco declivosas conferem pouca susceptibilidade frente aos processos de desagregação de sua estrutura.

Os Latossolos em áreas aplainadas como em Planalto Tabular, possuem boa drenagem e capacidade de retenção (Lepsch, 2010), tendo em vista que, estão alocados em áreas caracterizadas por topos planos, nesse sentido apresentam maior resistência à erosão laminar.

³³ O trabalho consultado não apresenta os valores da granulometria do Neossolo Litólico, assim, foi considerado apenas o valor da erodibilidade do mesmo.

No domínio da Formação Serra Geral os Latossolos são encontrados em Planalto dissecado, com declividades que variam entre 0 e 30%, na zona de contato dessa litologia com a faixa de dobramentos os Latossolos alcançam maior erodibilidade. Considerando a classificação de Mannigel et al., (2002), os Latossolos Vermelho estão inseridos na classe de erodibilidade média, com variação de 0,002 a 0,003 (t.ha.h/MJ.mm.ha) (Tabela 8). O mapa da erodibilidade dos solos põe em evidência a distribuição das classes ao longo da área de estudo (Mapa 10).

Tabela 13 - Classificação da erodibilidade dos solos.

CLASSIFICAÇÃO	K (t.ha.h/ ha.MJ.mm)
Extremamente alta	> 0,0600
Muito alta	0,0459 – 0,0600
Alta	0,0300 – 0,0450
Média	0,0150 – 0,0300
Baixa	0,0090 – 0,0150
Muito baixa	<0,0090

Fonte: MANNINGEL et al., (2002). Org: PEREIRA, J.S. 2013.

Juntamente com os Latossolos Vermelho, os Argissolos Vermelho-Amarelo possuem maior abrangência na área de estudo. Os Argissolos e os Cambissolos Háplicos estão distribuídos em trechos de relevo com declividades acentuadas, maiores que 45 %, em área de *Canyon*, em litologias ígneas e metamórficas, apresentando grande susceptibilidade à erosão hídrica.

Geralmente os Cambissolos, Argissolos e Neossolos Litólicos, possuem pouca estabilidade dos seus agregados devido a sua constituição granulométrica, com predominância de areia, silte e baixo percentual de material cimentante como a matéria orgânica e argila. Neste cenário, esses solos são mais propensos à erosão do que os outros solos da área de estudo,

principalmente pela baixa resistência frente ao desprendimento das partículas durante os eventos pluviométricos intensos.

A transição de textura intrínseca ao Argissolo confere menor agregação de sua estrutura, além da mudança entre os horizontes A e B ocorrer muitas vezes de forma abrupta (Lepsch, 2010). O aumento de argila em profundidade e o horizonte superficial arenoso atribuem a esse tipo pedológico os maiores valores de erodibilidade.

Considerando a fragilidade da paisagem em questão é necessária a adoção de práticas conservacionistas capazes de diminuir os riscos de erosão acelerada e o consequente comprometimento do ambiente. Conservar as áreas de vegetação natural, respeitar os limites das Áreas de Preservação Permanente (APPs)³⁴ são ações importantes na manutenção do equilíbrio da paisagem.

Com relação ao uso do solo, tanto em topos aplinados quanto nas áreas de *Canyon* há ocorrência de pastagens, já o uso voltado para a agricultura se dá nas áreas aplinadas, principalmente no domínio dos Latossolos Vermelho. Próximas ao fundo do vale, a predominância é de vegetação florestal entremeada de áreas de pastagens, para esta área o manejo adequado juntamente com a adoção de práticas conservacionistas são fundamentais para diminuir as perdas de solos, sobretudo pelas declividades acentuadas.

Os índices de erodibilidade, diz respeito à resistência do solo em ser removido e transportado, os valores encontrados muitas vezes diferem entre solos de mesma classe. Contudo, ao considerar um mesmo ambiente com características edafoclimáticas semelhantes e uma padronização metodológica para o estabelecimento do Fator K (erodibilidade), os valores apresentaram menor discrepância. Com finalidade de conferir maior credibilidade aos índices

³⁴ As Áreas de Preservação Permanente (APPs) são espaços territoriais especialmente protegidos de acordo com o disposto no inciso III, § 1º, do art. 225 da Constituição Federal. As Áreas de Preservação Permanente - APPs são aquelas áreas protegidas nos termos dos arts. 2º e 3º do Código Florestal.

do Fator K obtidos para a área de estudo, foi realizada uma revisão de literatura a respeito dos valores encontrados para os mesmos tipos pedológicos em várias regiões do Brasil.

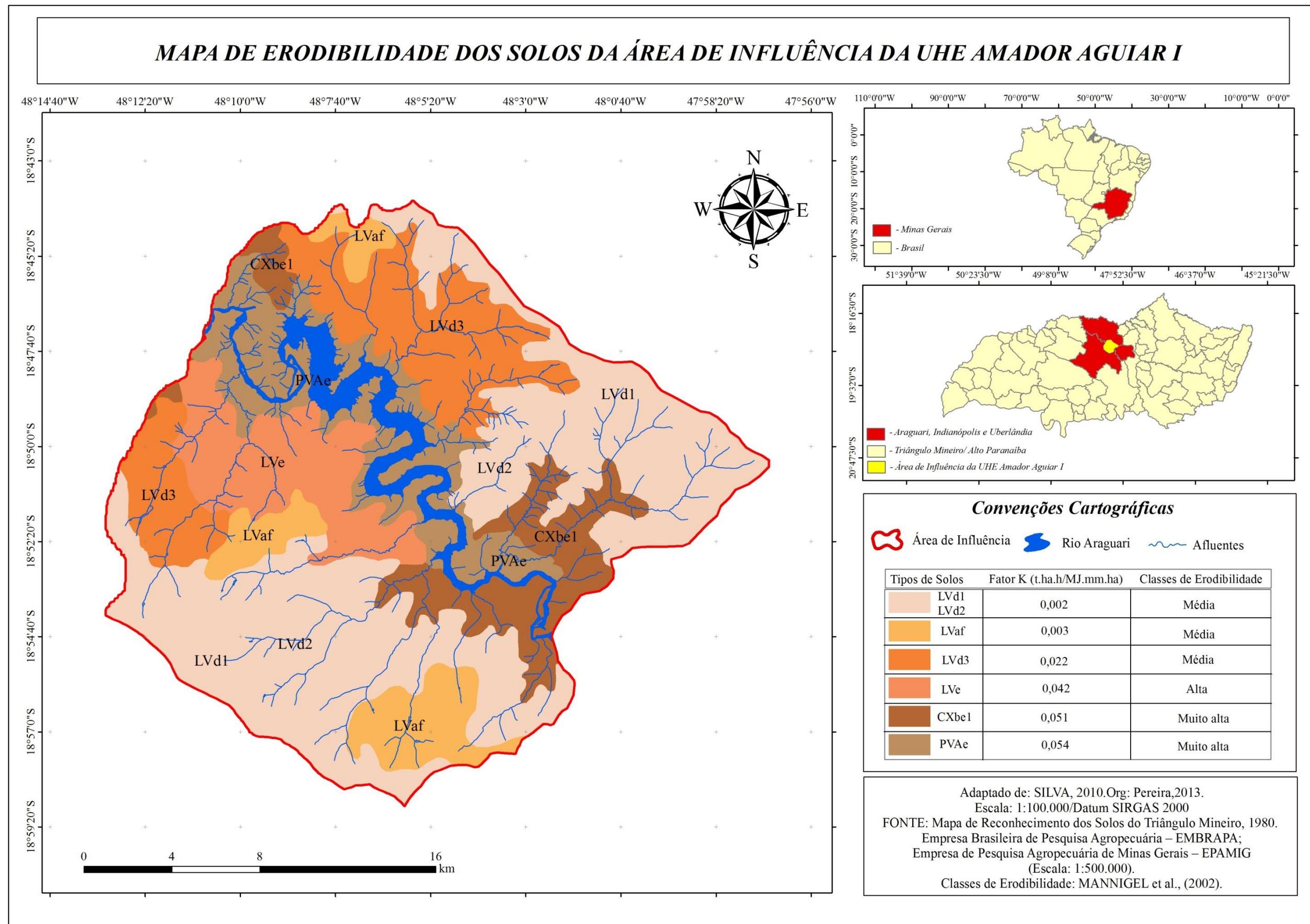
O quadro abaixo demonstra os valores do Fator K, nessa perspectiva, é possível comparar os resultados obtidos por diversos autores para os Latossolos Vermelhos, Cambissolos Háplicos e Argissolos Vermelho-Amarelo. Os valores de erodibilidade conseguidos neste estudo estão enquadrados, em âmbito geral nos resultados estipulados para a realidade brasileira. É observado que 25,53%, da área da bacia são constituídas de solos de alta erodibilidade e com menor aptidão agrícola.

Quadro 2 – Valores do Fator K para diferentes localidades do Brasil.

CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS	LOCALIZAÇÃO	K	FONTE
Argissolo Vermelho Amarelo	Córrego Monjolo Grande - SP	0,034	1 e 5
	SP	0,046	2
	Alto Parnaíba PI - MA	0,044	4
	Alto Parnaíba PI - MA	0,051	4
	SP	0,034	5
	SP	0,043	6
	Bacia do Rio Capiá – entre PE e AL.	0,034	8
Cambissolos Háplicos	Córrego Monjolo Grande - SP	0,033	9
	SP	0,034	2
	Alto Parnaíba PI - MA	0,039	4
	Bacia do Rio Jirau – PR	0,050	11
	Rio dos Bois /Iporá - GO	0,027	14
Latossolo Vermelho	Bacia do Rio Jirau – PR	0,030	11
	SP	0,019	6
	SP	0,012	5
	SP	0,013	5
	Alto Parnaíba PI - MA	0,019	4
	Riacho Varjota - CE	0,024	12
	SP	0,026	2
	Bacia do Rio Olaria - DF	0,050	13
	Riacho Varjota - CE	0,035	12

Fonte: ⁽¹⁾ Correa e Sanjos Pinto (2012). ⁽²⁾ Mannigel et al., (2002). ⁽³⁾ Galdino et al., (2004). ⁽⁴⁾ Farinasso et al., (2006). ⁽⁵⁾ Bertoni e Lombardi Neto (2005). ⁽⁶⁾ Correchel (2003). ⁽⁷⁾ Serio et al., (2008). ⁽⁸⁾ Silva; Paiva; Santos (2009). ⁽⁹⁾ Correa e Sanjos Pinto (2012). ⁽¹⁰⁾, Júnior et al., (2005). ⁽¹¹⁾ Tomazoni; Guimarães (2005). ⁽¹²⁾ Lopes et al., (2011). ⁽¹³⁾ Bloise et al., (2001). ⁽¹⁴⁾ Sousa (2013).

Mapa 20 - Erodibilidade dos solos na área de estudo.



5.3 Fator LS

De acordo com Wishmeier e Smith (1978), o comprimento de rampa e a declividade (Fator LS) se configuram como um dos elementos mais importantes da USLE. O fator L desempenha influência significativa no processo erosivo, principalmente pela interferência do comprimento da vertente na velocidade de escoamento superficial, e, por conseguinte na intensidade e quantidade de material transportado.

Além da grande relevância na equação o Fator LS é também um dos fatores que inferem relativa complexidade na sua determinação. A dificuldade se dá pela diversidade das formas das vertentes, que podem assumir diferentes perfis, específicos ou combinados com outras formas.

No que tange as vertentes é observado que tanto o comprimento de rampa, quanto a declividade, influem sobre a velocidade do deflúvio e sobre as perdas por erosão laminar. Segundo Guerra (2008), a erosão dos solos é desencadeada pela atuação conjunta dos elementos constituintes da encosta, comprimento, declividade e forma, aliados aos outros componentes da paisagem. Nessa conjuntura, é preciso ponderar os outros elementos atuantes na erosão, como a erodibilidade dos solos, a erosividade das chuvas e, sobretudo o manejo.

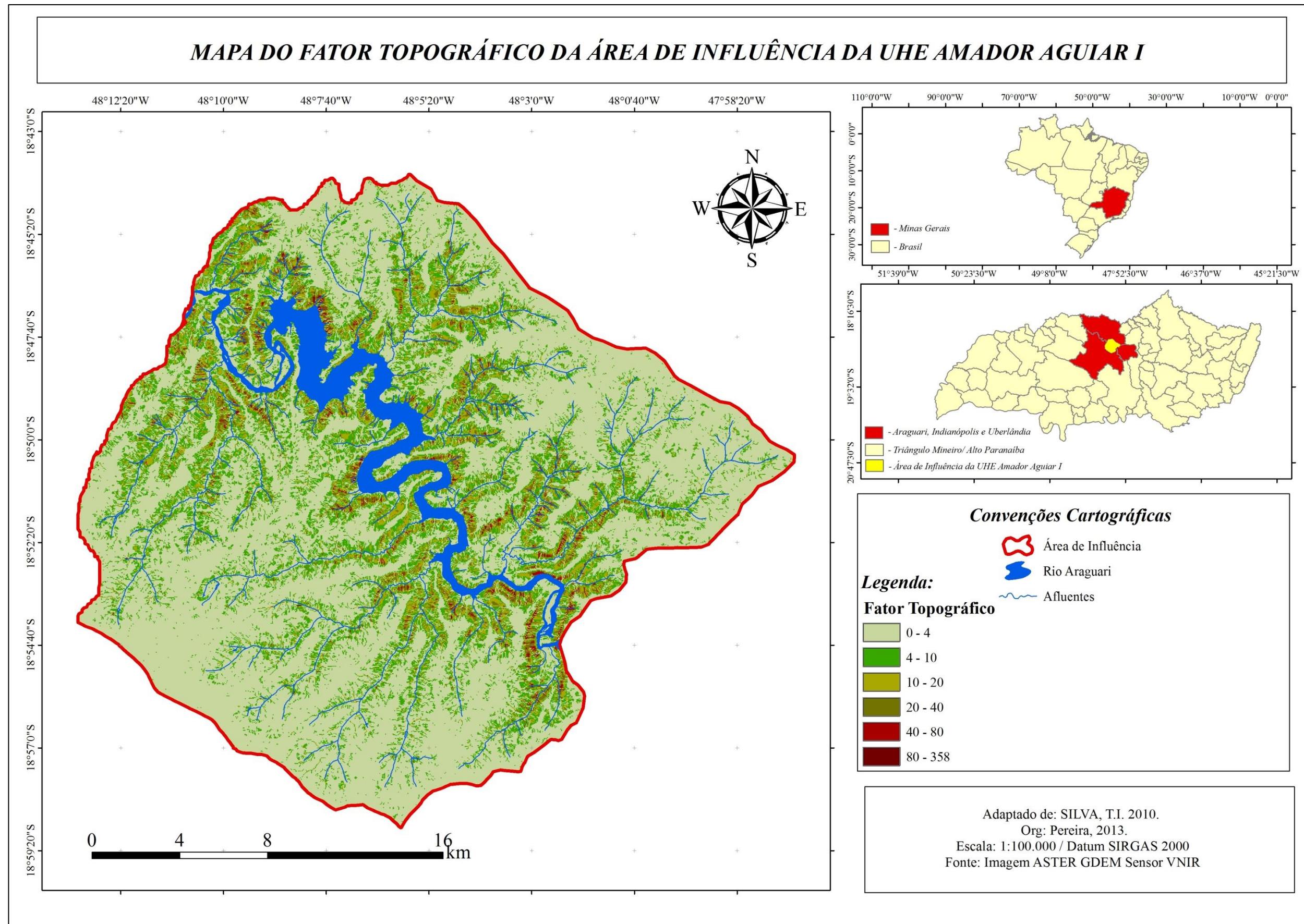
Na área de estudo o Fator LS não ocorre de forma homogênea e gradual, apresenta grande amplitude com valores baixos para as áreas localizadas nos interflúvios, visto que, o comprimento da vertente e a declividade são reduzidos nesses locais, e bastante elevados para áreas mais declivosas. Nesse sentido, o Fator LS aumenta em direção ao *Canyon* e nas proximidades dos cursos hídricos influenciando de forma significativa no processo de erosão laminar.

O mapa 11 demonstra que a declividade interfere expressivamente na determinação do Fator topográfico, as áreas com valores de LS elevados, entre 80 e 358 (adimensional), possuem declividades acentuadas com mais de 45%. Já, as áreas de relevo plano e suave ondulado, com declividades inferiores a 8%, possuem o LS menor que 20 (adimensional). Sendo esta classe a de maior representatividade na área de Influência da UHE-AAI.

A elaboração de mapas do fator topográfico é de grande valia para os estudos relacionados à susceptibilidade dos solos aos processos erosivos, principalmente por indicar as áreas com maior atuação do escoamento superficial. Embora, se tenha ciência que a inclinação e o comprimento da encosta são elementos fundamentais para o diagnóstico da erosão dos solos é imprescindível ponderar as formas também, as características morfológicas igualmente influenciam nas taxas de erosão.

Para o presente trabalho o uso do SIG foi fundamental para o bom resultado alcançado, a adoção das imagens de ASTER GDEM para a obtenção do fator topográfico da USLE é uma alternativa prática e viável, principalmente por minimizar o tempo de execução e processamento das informações.

Mapa 21 - Comprimento de rampa e declividade da área de estudo (Fator LS).



5.4 Fator CP

O Fator C determinado pelo cálculo do NDVI apresentou resultados satisfatórios. Por meio da imagem gerada foi possível averiguar que os valores mais elevados de NDVI, a saber, (1), assinalam a presença de vegetação abundante (alta atividade fotossintética), já os menores valores, (-1), faz referência à presença de vegetação esparsa, ausência total de vegetação (baixa atividade fotossintética) ou áreas de solos expostos.

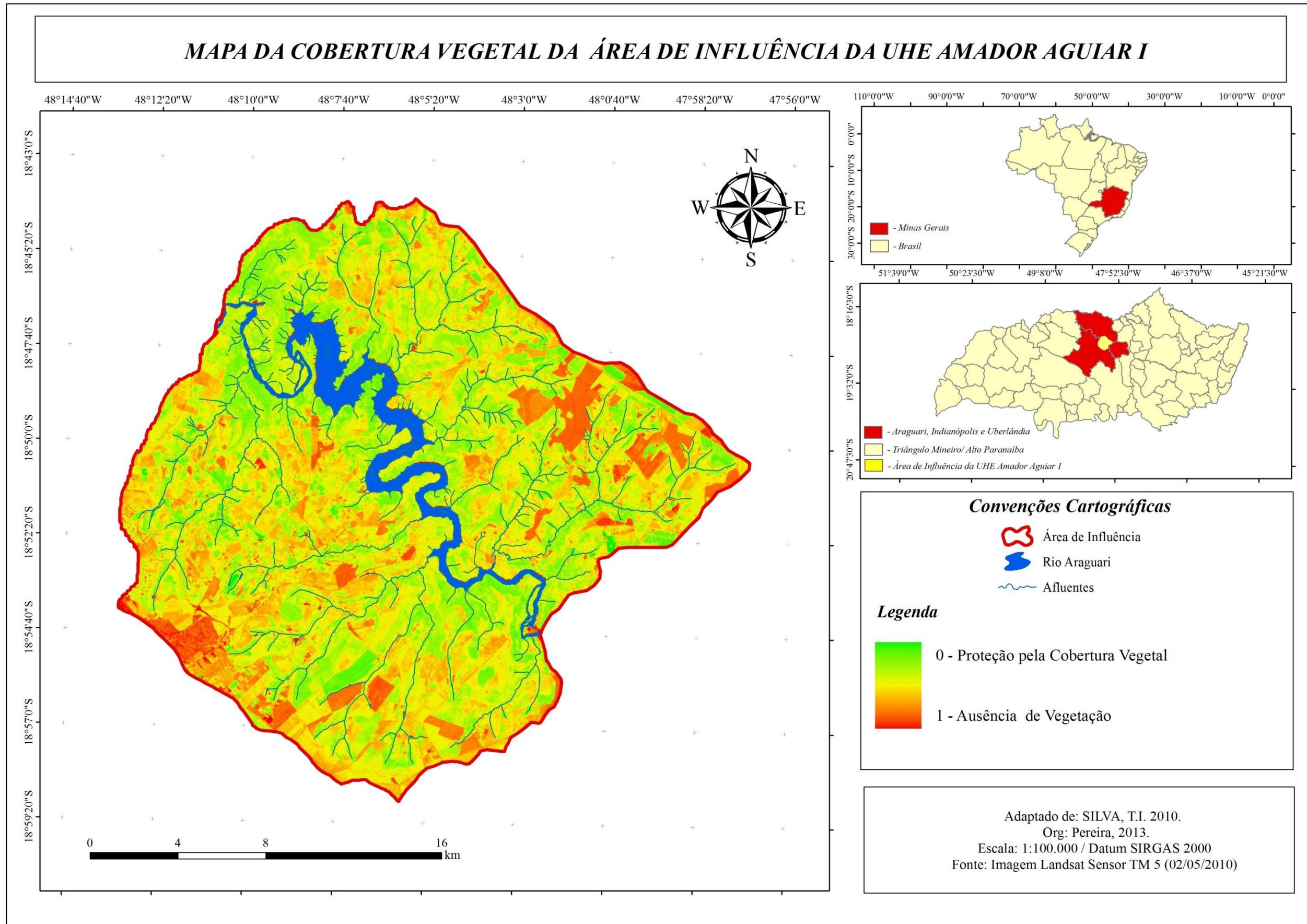
Os valores do NDVI variam de -1 a 1, enquanto os valores do Fator C de 0 a 1, assim, foi necessário à realização de uma regressão linear simples entre os dois fatores para correlacionar os seus valores. A regressão linear se conformou como um método simples e eficiente para a determinação do Fator Cobertura vegetal.

Os índices de vegetação NDVI proporcionaram um bom resultado no que diz respeito ao aspecto visual. Ao analisar o mapa índice (NDVI), é possível perceber a quantidade de áreas verdes existentes, bem como a sua localização. Na área de estudo a presença maior de vegetação arbórea está nas proximidades do rio e da rede de drenagem (Mapa 12).

Ainda que, observada relativa proteção pela cobertura vegetal é necessário ponderar que algumas culturas oferecem maior proteção ao solo frente aos eventos pluviométricos do que outras. As culturas de ciclo longo ou permanentes conferem maior cobertura ao solo e, portanto maior resistência aos processos erosivos.

Bertoni e Lombardi Neto (2012) estabeleceram indicadores de perda de solos para os diversos usos agrícolas, de acordo com os autores, as culturas temporárias são as responsáveis pelas maiores perdas de solos, somente o cultivo da mandioca representa 33,9 t/ha.ano.

Mapa 22 - Cobertura vegetal da área de estudo.



As culturas anuais também exibem perdas significativas de solos, já as culturas permanentes como os reflorestamentos, pastagens, café e banana proporcionam as menores perdas, inferiores a uma tonelada por ano (BERTONI e LOMBARDI NETO, 2012).

Existem vários indicadores para o Fator C, e/ou Fator CP, quando considerado juntamente com o fator P. Contudo, não existe concordância entre os pesquisadores a respeito dos índices adotados. Os índices disponíveis ou são de regiões temperadas não passíveis de aplicação às nossas condições edafoclimáticas, ou oriundos dos estudos de pesquisadores brasileiros, realizados na década de 1980.

Devido à evolução das técnicas e aprimoramento de alguns manejos, muitos dos índices desenvolvidos pelos pesquisadores não se aplicam a área de estudo. Diante de tal cenário, optou-se para o cálculo da USLE, a adoção do NDVI, visto que, este imputa maior confiabilidade aos resultados da equação, evidenciando a proteção do solo por meio da cobertura vegetal, além de assinalar a áreas potenciais à erosão devido à ausência de vegetação.

Além do Fator C, outro tópico intrigante é a determinação dos valores das práticas conservacionistas, os índices disponíveis também remontam a década de 80, e não foram identificados estudos recentes voltados para a atualização ou novas propostas metodológicas. Perante essa questão, muitos pesquisadores não consideram esse fator no emprego da modelagem preditiva de erosão dos solos, sob o argumento da complexidade envolvida na atribuição de pesos a essa variável.

O manejo dos solos e as práticas conservacionistas possuem grande importância para o equilíbrio ambiental. Em áreas que possuem as mesmas condições fisiográficas, quando mantida constante as variáveis influentes na erosão, o manejo pode ser o fator determinante para o desencadeamento dos processos erosivos.

Na USLE, os pesos conferidos ao fator P podem alterar significativamente as taxas de erosão. Com finalidade de conhecer o efeito das práticas conservacionistas na equação de perdas de solos, foram atribuídos diferentes valores ao fator P no cálculo da USLE. Fundamentado em algumas metodologias disponíveis na literatura, observou-se que muitos autores generalizam os índices de P, adotando-o como um valor único para toda a extensão da área pesquisada.

Essa proposta metodológica não é a mais viável, especialmente por não refletir a realidade, acabando por superestimar os valores das perdas de solos em mais de 50%. Ainda, quando considerada a avaliação em bacias hidrográficas a adoção de valores únicos não refletem as condições reais desta unidade.

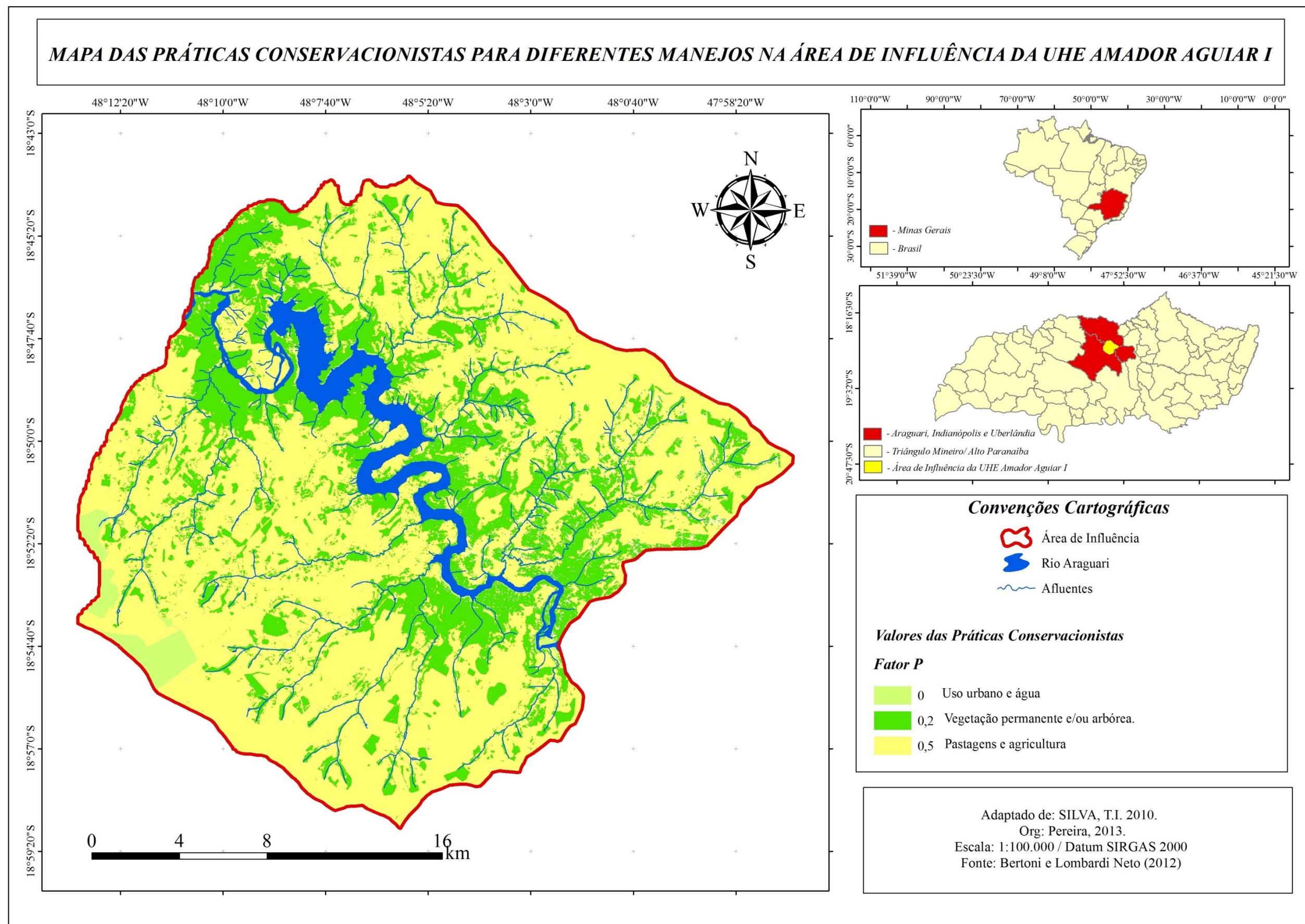
Para a área de estudo foi adotado os valores ou classes, propostas por Bertoni e Lombardi Neto (2012), quanto mais elevados o valor de P, menor é a proteção do solo contra a erosão laminar (Mapa 13). Foi considerado para as áreas de pastagens e agriculturas $P= 0,5$ pela existência de curvas de nível em praticamente toda a área.

Nas áreas de vegetação arbórea o valor adotado foi de 0,2, devido a maior proteção conferida ao solo, para os demais usos, água e espaço urbano atribuiu-se zero, devido a não ocorrência da erosão laminar nesses locais. Considerando essas classes, obteve-se para a área de influência da UHE-AAI o valor máximo de 23,5 t/ha.ano.

Ao adotar 0,5 para todas as práticas conservacionistas, o modelo estimou a taxa máxima de erosão anual em 49,2 t/ha.ano. Agora, desconsiderando a existência de práticas de conservação, aplicando o valor 1,0, as perdas de solos atingiram 78,5 t/ha.ano.

Diante o exposto é preciso ter prudência na adoção dos valores do fator P, escolhas generalizadas podem ocasionar resultados equivocados, e consequentemente prejudicar o diagnóstico da unidade em avaliação.

Mapa 23 - Valores das práticas conservacionistas da área de estudo

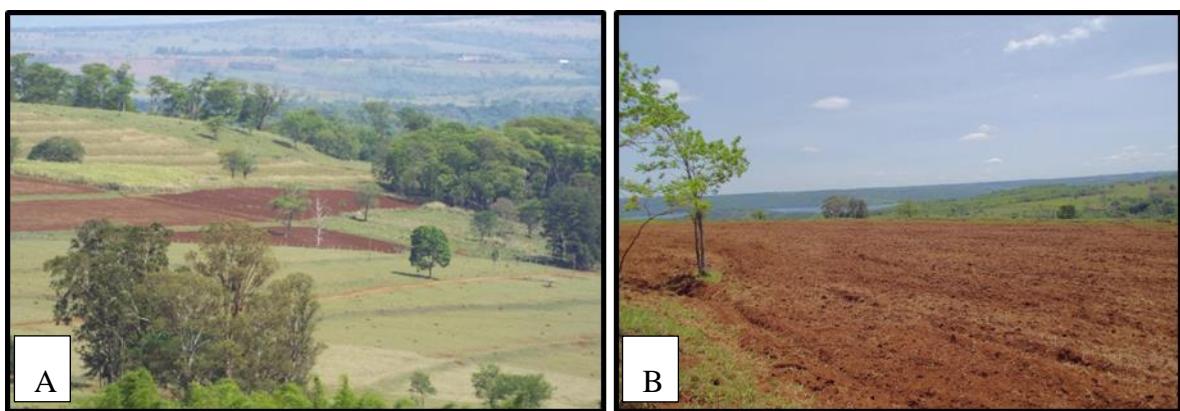


O uso do solo predominante na área de influência da UHE-AAI é pastagens, vegetação arbórea e agricultura. As áreas de pastagens aliada a declividade acentuada e ao tipo pedológico confirma a necessidade da adoção de práticas de conservação voltadas para a redução do escoamento superficial, como a implementação e manutenção das curvas de nível. Sendo imprescindível juntamente a essas ações a diminuição do superpastoreio de gado bem como, da retirada da vegetação natural.

Apesar de que, as práticas conservacionistas estejam sendo aplicadas com maior frequência nos últimos anos, como o plantio direto, terraceamento e curvas de nível, ainda são encontradas algumas áreas com a utilização da agricultura convencional, que acabam por configurar um cenário propício para o desenvolvimento dos processos erosivos.

O mosaico abaixo apresenta as glebas sem a proteção da cobertura foliar. Essas áreas submetidas a eventos pluviométricos de intensidades consideráveis são bastante vulneráveis a força cisalhante das gotas de chuva (Mosaico 5).

Mosaico 10 - Áreas com ausência de vegetação, outubro, 2013.



Fonte: PEREIRA, J.S. 2013.

Os cuidados direcionados à redução da erosão hídrica seja laminar, em sulcos ou voçorocas devem estar voltados principalmente para à diminuição dos impactos provenientes da

precipitação e também para a redução da capacidade de transporte pelo fluxo superficial. A manutenção da cobertura vegetal e a diminuição do comprimento de rampa são medidas eficientes nesse âmbito.

Pruski (2009) afirma que, as ações que permitem a diminuição da energia cinética da chuva, o aumento da infiltração e o armazenamento de água no solo são fundamentais no controle dos processos erosivos e, por conseguinte na minimização da degradação dos solos.

5.5 Mapa de Perda de Solo por Erosão Laminar

Para definir as áreas com maior suscetibilidade a erosão, necessita-se analisar todas as variáveis ambientais influentes no processo. A erosão pluvial depende da interação entre solo, topografia, precipitação, manejo e cobertura vegetal. Quando as demais variáveis são mantidas constantes, o manejo pode se configurar como fator potencial no desencadeamento dos processos erosivos.

As taxas anuais de perdas de solos por erosão laminar na área de Influência da UHE Amador Aguiar I, variam de zero a 23,5 t/ha/ano. As menores taxas sucedem em áreas planas com a ocorrência dos Latossolos (Mapa 14).

A equação de perdas de solos demonstra a interação existente entre o solo e o relevo no potencial natural de erosão, confirmando o controle exercido pela erodibilidade (K), e pelo fator topográfico (LS), sendo este mais interferente em função da declividade.

Nesta conjuntura, nas áreas próximas ao Canyon o risco de erosão laminar torna-se mais evidente, principalmente, porque nessa unidade de relevo predominam os Argissolos e os Cambissolos, que apresentam susceptibilidade natural frente aos processos erosivos. As

vertentes inclinadas potencializam o escoamento superficial, aumentando o fluxo de materiais para o fundo do vale.

Com o intento de obter um parâmetro de comparação para as perdas de solos da área de estudo, utilizou-se a classificação indicada pela FAO, UNEP e UNESCO (1981) apud Almorox (1994) e Valente et al., (2001) (Tabela 9). Conforme a classificação é considerada para a área, o grau moderado de perda de solo, nomeadamente para as áreas com maiores declividades.

Tabela 14 – Grau de erosão segundo a proposta da FAO³⁵, UNEP³⁶ e UNESCO³⁷ (1981) apud Almorox (1994) e Valente et al. (2001).

Perda de Solo (t/ha.ano)	Grau de Erosão
< 10	Nenhuma ou Baixa
10 – 50	Moderada
50 – 200	Alta
>200	Muito Alta

Org: PEREIRA, J.S. 2014.

Valle Junior (2008) estimou para a Bacia do Rio Uberaba, localizada no Triângulo Mineiro, a perda de solos em até 50 t/ha.ano. Para a Bacia do Rio Araguari as taxas calculadas variaram entre 20 a 100 t/ha.ano (PEREIRA et al., 2008). Almeida (1981) avaliou para todo o estado mineiro o valor de 68 mil toneladas de perdas anuais. Os estudos mencionados comprovam a proporção das taxas de erosão para a região de localização da área de estudo.

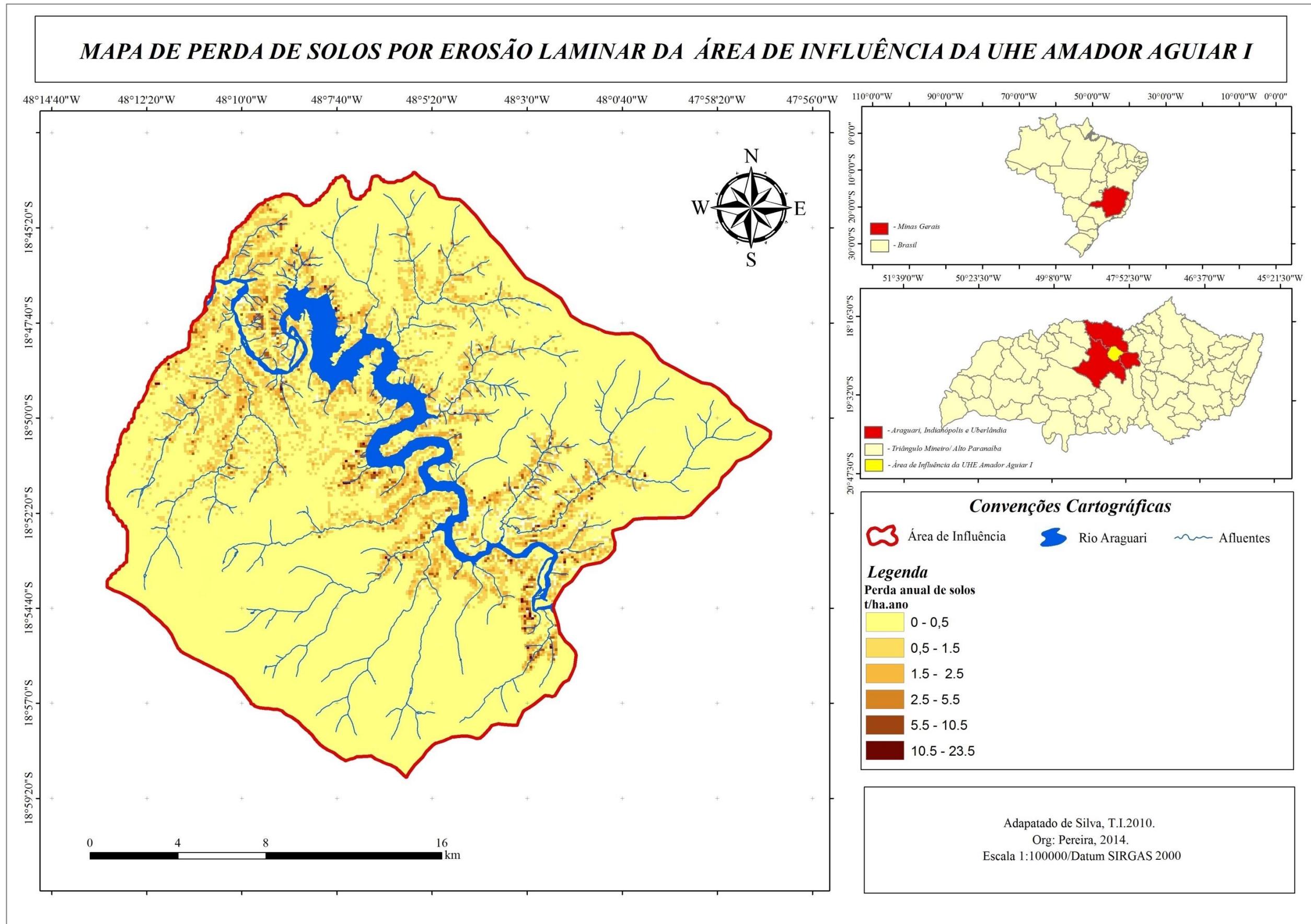
De forma geral, a área de influência da UHE-AAI pode apresentar sérios problemas com relação à erosão, acarretado pelas próprias condições fisiográficas.

³⁵ FAO – *Food and Agriculture Organization*.

³⁶ UNEP - *United Nations Environment Programme*.

³⁷ UNESCO - *United Nations Educational Scientific and Cultural Organization*.

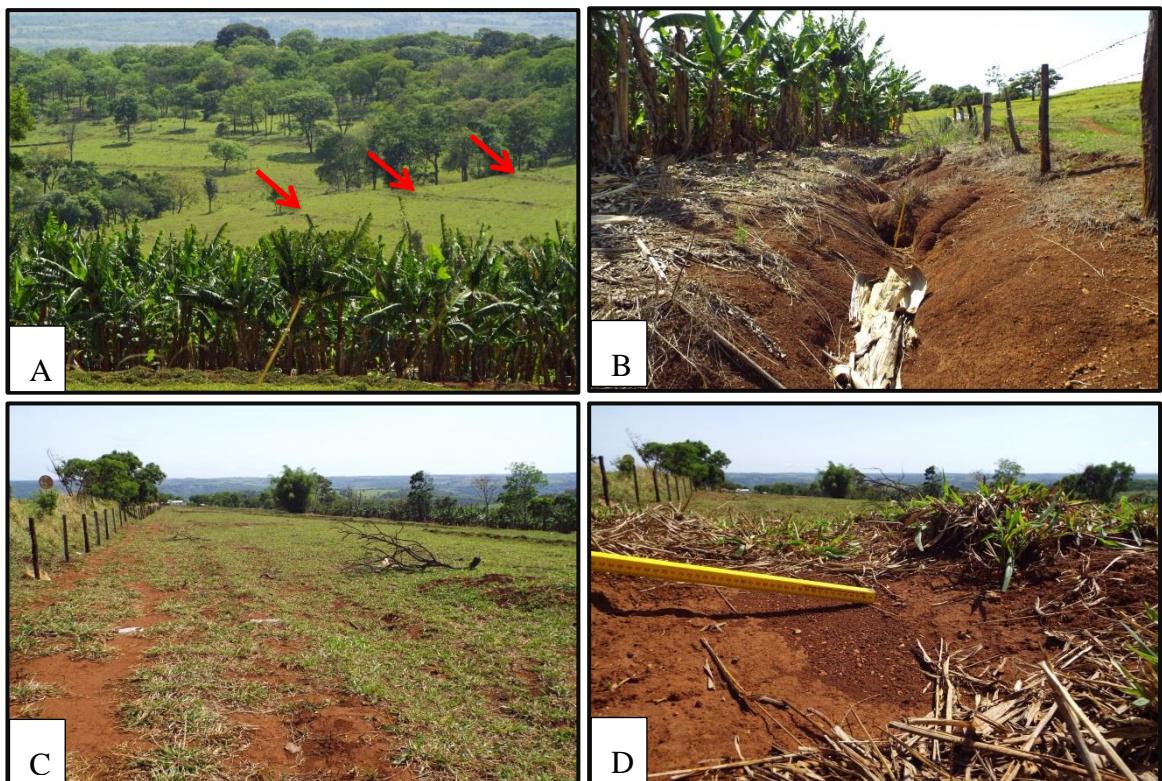
Mapa 24 - Distribuição da perda de solos na área de estudo



Embora, as áreas de maior percentual de vegetação arbórea estejam alocadas no *Canyon*, essa unidade apresenta elevados valores de perda de solos, sendo assim, é percebida na equação proposta por Wishmeier e Smith (1978), a grande influência do fator topográfico frente ao outros fatores interferentes no processo erosivo.

Provavelmente, a conservação da vegetação nas áreas mais declivosas mantém as taxa máxima de erosão anual na faixa das 23,5 t/ha.ano. Se houver a retirada da vegetação arbórea e/ou diminuição das Áreas de Preservação Permanente, possivelmente as perdas de solos irão alcançar maiores proporções.

Mosaico 11 - Práticas conservacionistas e erosão dos solos na área de Influência da UHE-AAI, outubro, 2013.



A – Curvas de nível em áreas com declividades mais acentuadas. **B** – Ravinas em áreas de cultura de ciclo permanente. **C** – Pastagem degradada. **D** - Selamento do solo. Fonte: PEREIRA, J.S. 2013.

Considerando a susceptibilidade da área de estudo frente aos processos erosivos, as taxas anuais de perdas de solo por erosão laminar podem aumentar de acordo com o manejo e as práticas conservacionistas empregadas. Em alguns locais da área de estudo, as feições erosivas estão presente na paisagem comprovando o manejo incorreto do solo. Contudo, em glebas onde existem práticas conservacionistas eficientes, as taxas de perdas são pequenas.

6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modelo USLE apresentou relevância na estimativa de perdas de solos, evidenciando a distribuição da erosão dentro da área de estudo. A utilização do modelo preditivo integrado em Sistema de Informações Geográficas se mostrou eficiente, facilitou o entendimento dos fatores atuantes no processo erosivo e consequentemente a identificação das áreas mais susceptíveis à erosão laminar. Nesse aspecto, as técnicas de geoprocessamento se constituem uma ferramenta indispensável para as análises e espacialização das variáveis ambientais.

Os valores de perdas de solos na área de Influência da UHE-AAI são considerados moderados, entretanto, algumas áreas apresentam feições erosivas em estágios avançados e chamam a atenção para uma maior efetividade na adoção de práticas conservacionistas, sendo também necessária a readequação do uso do solo, principalmente nas áreas que apresentam fragilidade devido às declividades acentuadas.

As áreas com predomínio de vertentes abruptas e solos com alta erodibilidade são mais suscetível ao risco a perda de solo, alcançando valores superiores a 20 t/ha.ano, e exigem cuidados quanto ao controle dos processos erosivos, especialmente os Argissolos e Cambissolos.

O agravamento dos processos erosivos pode culminar na queda na rentabilidade agrícola, além de gerar prejuízos para os outros setores dentro da área de influência da UHE-AAI, como, o assoreamento dos reservatórios, o decréscimo do potencial de energia, diminuição na qualidade da vida aquática, entre outros.

Ainda que, foram conseguidos resultados satisfatórios e coerentes com a espacialização dos fatores constituintes da USLE, é preciso considerar que o modelo apresenta algumas limitações, como toda modelagem ambiental. Um dos aspectos observados é que a USLE

estima apenas as perdas de solos, mas, não os processos de deposição de sedimentos e nem os processos associados a eventos isolados, como erosão por ravinamento ou voçorocamento. As perdas de solos em períodos chuvosos ou de seca também não são ponderadas de maneira específica, em virtude da precipitação pluviométrica média utilizada na equação de perdas de solos.

Muitas são as críticas a respeito da utilização de dados pluviométricos na quantificação de perdas de solos. O recomendado seria os dados provenientes de pluviógrafos, contendo as informações sobre a energia cinética das gotas das chuvas e a classificação das chuvas em erosivas e/ou não erosivas.

Entretanto, a disponibilidade desses equipamentos no Brasil é reduzida e não apresentam uma série histórica consistente para uma possível padronização climática, e, por conseguinte a obtenção de informações confiáveis para as estimativas das taxas de erosão. Mesmo frente a este problema, os resultados obtidos de dados pluviométricos foram interessantes para a aplicação da USLE na área de estudo.

Diante essa conjuntura, é melhor utilizar-se de ferramentas disponíveis, mesmo estas necessitando de revisões e adaptações para o seu emprego, do que não avançar nos estudos sobre a temática.

Na determinação da erodibilidade dos solos também são enfrentados alguns problemas, os mapas de reconhecimento dos solos disponíveis estão em escalas muito pequenas, apresentando um elevado grau de generalização. Tal questão dificulta a delimitação precisa dos tipos pedológicos a serem avaliados. Em áreas pequenas a identificação dos solos é facilitada, já em áreas de maiores dimensões essa tarefa é árdua com efetivo dispêndio de tempo e de recursos, financeiros e humanos.

A determinação do fator topográfico é fundamental para o cálculo das perdas de solos, uma vez que, possui grande influência na USLE, assumindo maior peso frente às outras variáveis

consideradas. É percebida no mapa final que a maior quantidade de solos perdida está nos locais em que o fator topográfico (fator LS), é elevado. Mesmo quando os valores das práticas conservacionistas são aumentados, o fator LS ainda representa maior relevância, embora as perdas de solos tendam a aumentar com os valores do Fator P igual a 1 (menor proteção), a maior incidência será sempre nas áreas de maior declividade.

O NDVI se mostrou uma ferramenta eficaz para a identificação de áreas com a presença ou ausência da vegetação, sendo a sua utilização mais indicada em trabalhos de modelagem preditiva, do que à adoção dos índices disponíveis na literatura. Nomeadamente, porque esses índices foram estabelecidos para culturas em ambientes específicos e muitas vezes podem não se aplicar as condições da área em estudo.

As práticas conservacionistas também requerem estudos mais aprofundados para melhor compreender a sua interferência na erosão dos solos. É sabido que quanto menos efetivas essas práticas se constituírem, maiores serão os volumes de solos perdidos. De posse das informações relacionadas à erosão laminar dentro da unidade avaliada, é possível fazer o diagnóstico da área e neste aspecto promover o planejamento das ações futuras, voltadas para o aprimoramento e efetividade das práticas conservacionistas, com a finalidade de reduzir as perdas de solos a níveis aceitáveis.

Não obstante, é necessária uma maior participação da sociedade nas decisões a serem tomadas a respeito da bacia hidrográfica, principalmente em relação ao ordenamento dessa unidade. É preciso que a sociedade avalie, sobretudo, através dos Comitês de Bacias se as perdas de solos dentro dessa unidade estão dentro dos limites para assegurar, além da sustentabilidade da área, a própria produtividade também. Especialmente, devido ao recente projeto voltado para a captação de água na área de influência da UHE-AAI para o abastecimento da população

urbana. Ante isso é preciso maiores cuidados para evitar que os impactos gerados não interfiram de forma negativa na dinâmica hídrica da área.

7 - REFERÊNCIAS

- ALMOROX, A. J., **Métodos de estimación de la erosión hídrica**. Ed. Agrícola. España. 1994. 152 p. Disponível em:<http://books.google.com.br/books?id=bSpiNY_nwOIC&pg=PA348&lpg=PA348&dq=M%C3%A9todos+de+estimaci%C3%B3n+de+la+erosi%C3%B3n+h%C3%A9drica.+Espa%C3%B1a%C3%81a,+E&source=bl&ots=170HUIBJtK&sig=qf9WrSjSA0vpnOnH7j65yLG1GGg&hl=pt-BR&sa=X&ei=9jwDVPe3HsfmsATtsYLwBg&ved=0CCYQ6AEwAQ#v=onepage&q=M%C3%A9todos%20de%20estimaci%C3%B3n%20de%20la%20erosi%C3%B3n%20h%C3%A9drica.%20Espa%C3%B1a%C3%81a%2C%20E&f=false> Acesso em: 23 de jul. 2014.
- AMORE, E.; MODICA,C.; NEARING,M.A.; SANTORO,V.C. Scale effect in USLE and WEPP application for soil erosion computation from three Sicilian basins. In: **Journal of Hydrology**, University of Catania, Italia, n.293, p. 100–114, 2004. Disponível em:<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169404000587>> Acesso em 16 de jun. 2012.
- AMORIM, S.S.R.; SILVA, D. D. da.; PRUSKI,F.F. Principais modelos para estimar as perdas de solos em áreas agrícolas. In: PRUSKI, F.F. **Conservação de solo e água: Práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica**. 2ºed. Viçosa, ed. UFV, 2009. p. 74-107.
- AMORIM, S.S.R.; SILVA, D. D. da; PRUSKI, F.F.; MATOS,A.D. Avaliação do desempenho dos modelos de predição da erosão hídrica USLE, RUSLE e WEPP para diferentes condições edafoclimáticas do Brasil. In: **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal,v.30, n.6, p.1046-1059, nov/dez 2010. Disponível em:<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162010000600006> Acesso 14 de jun. 2012.
- AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. ANA. HIDROWEB: Séries históricas. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>> Acesso em 14 de ago. 2012.
- AQUINO, C. M. S.; OLIVEIRA, J. G. B. de.; SALES, M. C. L. Estimativa da erosividade das chuvas (R) nas terras secas do Estado do Piauí. **Revista Ciência Agronômica**, v.37, n.3, p.287-291, 2006. Disponível em:<<http://www.ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/162>>Acesso em 16 de jun. 2013.

ARAÚJO, F. S; SALVIANO, A. A. C.; NETO, M. R. H. Estimativa da Erodibilidade de Latossolos do Piauí. **Scientia Plena**. Sergipe, v.7, n.10, p.100201, 2011. Disponível em:<<http://www.scientiaplena.org.br/ojs/index.php/sp/article/viewFile/358/206>> Acesso em 12 de jan., 2014.

BACCARO, C.A.D. et al., Mapeamento Geomorfológico da Bacia do Rio Araguari. In: LIMA, S. do C.; SANTOS, R. J. (Org.) **Gestão Ambiental da bacia do Rio Araguari – Rumo ao Desenvolvimento Sustentável**. Uberlândia, Universidade Federal de Uberlândia / Instituto de Geografia; Brasília: CNPq, 2004. p. 01 – 19.

BACCHI, O. O. S.; REICHARD, K.; SPAROVEK, G. Sediment spatial distribution evaluated by three methods and its relation to some soil properties. **Soil & Tillage Research**, São Paulo, v. 69, p. 117–125, 2003. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198702001332>> Acesso em: 26 de nov. 2012.

BELTRAME, A.V. **Diagnóstico do Meio físico de Bacias hidrográficas: modelo e aplicações**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1994.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 8^a edição. São Paulo: Ícone, 2012, 335 p.

BORGES, K. M. R. et al., Vulnerabilidade natural: a perda de solo da Bacia do Rio Carinhanha (MG/BA) usando uma abordagem qualitativa da Equação Universal de Perda de Solos. **GEOgraphia**, [S.L], vol. 14, n. 27.p. 101-125, 2012. Disponível em: <<http://www.uff.br/geographia/ojs/index.php/geographia/article/viewArticle/522>> Acesso em 19 de jan., 2014.

BLOISE, G.L.F. et al. Potencial Erosivo da Bacia do Olaria DF. In: Simpósio Nacional de Controle de Erosão, 7, 2001, Goiânia, **Anais...** Goiânia, 2001. p. 1-7. Disponível em:<http://www.labogef.iesa.ufg.br/links/simposio_erosao/articles/T026.pdf> Acesso em 12 de Jan., 2014.

CARVALHO. J.C. et al. **Processos Erosivos no Centro-Oeste Brasileiro**. Brasília: Universidade de Brasília. Editora Finatec, 2006, 464p.

CASTRO. W.de. et al. Erodibilidade de solos do Cerrado Goiano. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v.4, n.2, [S.I.] p. 305-320, maio/ago. 2011. Disponível em:<<http://www.cesumar.br/pesquisa/periodicos/index.php/rama/article/view/1656>> Acesso em 13 de jan. 2014.

CORREA, E.A.; PINTO, S. A. F. Avaliação do potencial natural de erosão da Bacia Hidrográfica do Córrego Monjolo Grande (Ipeúna-SP). **Revista Geonorte**. Manaus, v.2, N.4, p.1356 - 1367 , 2012. Edição especial. Disponível em:<[http://www.revistageonorte.ufam.edu.br/attachments/009_\(AVALIA%C3%87%C3%83O%20DO%20POTENCIAL%20NATURAL%20DE%20EROS%C3%83O%20DA%20BACIA%20HIDROGR%C3%81FICA%20DO%20C%C3%939RREGO%20MONJOLO%20GRANDE%20_\(IPE%C3%93ANA-SP_\).pdf](http://www.revistageonorte.ufam.edu.br/attachments/009_(AVALIA%C3%87%C3%83O%20DO%20POTENCIAL%20NATURAL%20DE%20EROS%C3%83O%20DA%20BACIA%20HIDROGR%C3%81FICA%20DO%20C%C3%939RREGO%20MONJOLO%20GRANDE%20_(IPE%C3%93ANA-SP_).pdf)> Acesso em 13 de jan., 2014.

CORREA, E.A.; PINTO, S. A. F. Estimativa do Fator C da Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS) utilizando Índice de Vegetação pela Diferença Normalizada (NDVI) na Bacia Hidrográfica do Córrego Monjolo Grande/Ipeúna/SP. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 15. 2011, Curitiba, **Anais...** INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2011. p.5708-5715. Disponível em:
<<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p0581.pdf>> Acesso 23 de mar. 2014.

CORRECHEL, V. **Avaliação de índices de erodibilidade do solo através da técnica da análise da redistribuição do “FALLOUT” do ^{137}Cs** . 2003, 79.f. Tese (Doutorado em Ciências) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2003. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/64/64132/tde-13042004-111210/pt-br.php>> Acesso em 10 de set. 2013.

CHUQUIPIONDO, I. G. V. **Avaliação da estimativa do potencial de Erodibilidade de solos nas margens de Cursos de água: estudo de caso Trecho de Vazão Reduzida Capim Branco I - Araguari Minas Gerais**. 2007. 216 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente) - Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007. Disponível em:
<<http://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/265M.PDF>> Acesso em 13 de jun. 2013.

COELHO NETTO, A.L. Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia. In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S. B. da. **Geomorfologia Uma Atualização de Bases e Conceitos**. 8^a ed. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, p.93-148.

COGO, N. P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R. A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Rev.**

Bras. Ciênc. Solo. Viçosa, vol. 27 nº.4. p. 743-753, 2003. Disponível em:
<<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v27n4/a19v27n4.pdf>>Acesso em 15 de mai. 2013.

COSTA, F.H.S.; SOUZA FILHO, C.R.; RISSO, A. Análise temporal de NDVI e mapas potenciam naturais de erosão na região do Vale do Ribeira, São Paulo. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13, 2007, Florianópolis, **Anais...** INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2007. p.3833-3839. Disponível em:
<<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.16.02.22/doc/3833-3839.pdf>>
Acesso em 23 maio. 2014.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Apresenta banco de dados geológicos.** Disponível em:
<<http://www.cprm.gov.br/>>. Acesso em 22 out. 2012.

CUNHA, S.B. da.; GUERRA,T. A. Degradação ambiental. In: GUERRA, A. J.T.; CUNHA, S. B. da. (Org.), **Geomorfologia e Meio Ambiente**.10. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011, p.337-379.

DEL GROSSI, S. R. A dinâmica climática atual de Uberlândia e suas implicações geomorfológicas. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia: Edufu, v. 5, n.9 e 10, p. 115-120, jan./dez. 1993.

EPAMIG - Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais. **Mapa de Reconhecimento dos Solos do Triângulo Mineiro**. Minas Gerais: Aerofoto Cruzeiro S. A., 1980. Disponível em: <<http://library.wur.nl/WebQuery/isric/21562>>. Acesso em set. 2012.

FABRY F. Meteorological value of ground target measurements by radar. **Journal of Atmospheric and Oceanic Technology** 2004; 21:560-573.
<<http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/1520-0426-282004-29021%3C0560%3AMVOGTM%3E2.0.CO%3B2>>Acesso em 12 de jan. 2013.

FARINASSO, M. *et al.* Avaliação qualitativa do potencial de erosão laminar em grandes áreas por meio da EUPS – Equação Universal de Perdas de Solos utilizando novas metodologias em SIG para os cálculos dos seus fatores na região do alto Parnaíba – PI-MA. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. n. 2 p. 73-85, 2006. Disponível em:
<<http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/viewFile/80/73>>Acesso em 13 de jun., 2013.

FERREIRA, A.B. et al. Análise comparativa do uso e ocupação do solo na área de influência da Usina Hidrelétrica Capim Branco I a partir de técnicas de geoprocessamento. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12. 2005, Goiânia. **Anais...** INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2005. P 2997-3004. Disponível em:

<<https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=An%C3%A1lise+comparativa+do+uso+e+ocup%C3%A7%C3%A3o+do+solo+na+%C3%A1rea+de+influ%C3%A7%C3%A3o+da+Usina+Hidrel%C3%A7%C3%A3o+Capim+Branco+I+a+partir+de+t%C3%A9cnicas+de+geoprocessamento.&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CC8QFjAA&url=http%3A%2F%2Fmarte.sid.inpe.br%2Farchive.cgi%2Fltid.inpe.br%2Fsbsr%2F2004%2F11.18.13.55&ei=BZ-HUsH0MYNgkQeR0IDoBw&usg=AFQjCNGnt4yr2RJHIGsNEsC-OKYDymn5yA&sig2=Q1n-eYPZkyqgrukGP49CQ>> Acesso em 12 de ago. 2013.

FIGUEIREDO FILHO, D. B.; SILVA JÚNIOR, J. A. da. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r). **Revista Política Hoje**, vol. 18, n. 1, 2009. Disponível

em:<<http://www.revista.ufpe.br/politicahoje/index.php/politica/article/viewFile/6/6>> Acesso em 12 de jan. 2014.

FLANAGAN, D. C. et.al., Erosion database interface (EDI): a computer program for georeferenced application of erosion prediction models. **Computers & Geosciences**, 28, p. 661–668, 2002. Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098300401000917>> Acesso em 26 de nov. 2012.

FLANAGAN, D.C. Development of web-based GIS interfaces for application of the WEPP Model. In: International Soil Conservation Organization Conference, 13th Brisbane, July 2004. Disponível em: <<http://www.tucson.ars.ag.gov/isco/isco13/PAPERS%20FL/FLANAGAN.pdf>> Acesso em 12 de set. 2013.

FLANAGAN, D. C.; GILLEY, J. E.; FRANTI, T. G. WATER EROSION PREDICTION PROJECT (WEPP): Development history, model capabilities, And future enhancements. **American Society of Agricultural and Biological Engineers**. Mississippi, United States, Vol. 50(5), p. 1603-1612, 2007. Disponível em:

<<http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1026&context=biosysengfacpub>> Acesso em 12 de set, 2013.

FORNELOS, L. F.; SILVA NEVES, S. M. A. da. Uso de Modelos Digitais de Elevação (MDE) gerados a partir de imagens de radar interfométrico (SRTM) na estimativa de perdas de solo. In: **Simpósio de Geotecnologias no Pantanal**, 1., 2006, Campo Grande, MS. Disponível em:<<http://mtc-m17.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m17%4080/2006/12.11.15.47/doc/p36.pdf>> Acesso 27 de set. 2013.

FUJIHARA, A.K. Predição de Erosão e Capacidade de Uso do Solo Numa Microbacia do Oeste Paulista com Suporte de Geoprocessamento. 2002, 118 f. (Dissertação de Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11142/tde-12112002-141046/pt-br.php>> Acesso em 02 de jul. 2012.

GALDINO, S. Erosão Potencial Laminar Hídrica na Bacia do Alto Taquari. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos.** v.9 n.2 Abr/Jun 2004, p. 125-133. Disponível em:<<http://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/cb9d82e21c017590ce4fc727698a0a99c4d9910400e2266dbc816f5b66cff3e.pdf>> Acesso em 02 de jan. 2014.

GUERRA, A. J.T. Processos Erosivos nas encostas. In: **GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. da. (Org.). Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos.** 8^a ed. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, p. 149-209, 2008.

GUERRA, T. A. **Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico;** 7. ed. Rio de Janeiro. Ed Bertrand Brasil, 2009.

GITAS, I.Z. et al., Multi-Temporal Soil Erosion Risk Assessment In N. Chalkidiki Using A Modified Usle Raster Model. **EARSeL e Proceedings.** v 8, jan.2009. Disponível em: <http://eproceedings.org/static/vol08_1/08_1_gitas1.pdf> Acesso em 13 de mar. 2014.

GURGEL, R.S. et al. Identificação das áreas vulneráveis à erosão a partir do emprego da EUPS – equação universal de perdas de solos no município de Riachão das Neves – BA. **Geografia Ensino & Pesquisa**, v. 15, n.3, set./dez. 2011. Disponível em: <<http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/geografia/article/view/7348/0>> Acesso em 02 de jul. 2013.

IBGE. Manual Técnico de Pedologia. 2. ed. In: _____. **Manuais Técnicos em Geociências**, n. 4. Rio de Janeiro, 2007. Não paginado.

JÚNIOR, O.A.C. Confecção do mapa de susceptibilidade à erosão a partir da USLE utilizando para estimar o Fator Topográfico o Programa Rampa. Simpósio Nacional de Controle de Erosão, 7,2001, Goiânia. **Anais...** Goiânia, 2001. p. 26-40. Disponível em:<http://www.labogef.iesa.ufg.br/links/simposio_erosao/articles/T027.pdf> Acesso 23 de jan., 2014.

KARABURUN, A. Estimation of C factor for soil erosion modeling using NDVI in Buyukcekmece watershed. **Ozean Journal of Applied Sciences** v 3, n 1, p. 77-85, 2010. Disponível em: <http://ozelacademy.com/OJAS_v3n1_8.pdf> Acesso em set.2013.

LAL, R. **Soil erosion**: research methods. 2nd ed. Ohio: Ohio State of University Columbus. 1994. 340p. Disponível em:<http://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=1TK7dEOIM4gC&oi=fnd&pg=PR5&dq=Soil+erosion:+research+methods.+2nd+ed.+Ohio&ots=jVOiQsIbL&sig=C3rZDGv2pew5saVpu14ba5_GN_E#v=onepage&q&f=false> Acesso em 02 de jul. 2013.

LANE, L.J.; NEARING, M.A. (Eds.) **USDA - Water erosion prediction project: hillslope profile model documentation**. West Lafayette, USDA Agricultural Research Service, 1989. (NSERL Report, 2), Disponível em:<<http://www.tucson.ars.ag.gov/unit/publications/PDFfiles/866.pdf>> Acesso em 23 de nov.,2013.

LEAL, P. C. B. **Ecodinâmica, Ecologia Política e Sistemas de Informações Geográficas**: análise da morfologia e processo da Bacia Hidrográfica do Médio/baixo Rio Araguari (MG). 2009. 46f. Monografia (Graduação em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG, 2009. Disponível em:<http://www.geografiaememoria.ig.ufu.br/downloads/PEDRO_CARIGNATO.pdf> Acesso em 18 de ago. 2013.

LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação dos Solos**. 2.ed.Oficina de Texto, São Paulo,2010. 216p.

LESSA, L. G. F.; LIMA, S. L.; ZIMBACK, C. R. L. Análise multitemporal das perdas de solo por voçorocas, da sub-bacia Ribeirão das Bicas – Botucatu/SP, através de geoprocessamento e sensoriamento remoto. **Energ. Agric.** Botucatu, v. 22, n. 1, p. 61-74, jul. 2007. Disponível em:<http://200.145.140.50/html/CD_REVISTA_ENERGIA_vol9/vol22n12007/artigos/Luis%20Gustavo%20Frediani%20Lessa.pdf> Acesso em: 15 de maio, 2013.

LIMA, J. E. F. W. et al. Desenvolvimento e verificação de métodos indiretos para a estimativa da erodibilidade dos solos da bacia experimental do Alto Rio Jardim – DF. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. V. 8, n. 2,p.23-36, 2007. Disponível em:<http://www.ugb.org.br/home/artigos/RBG_8_2/RBG_SF03.pdf>Acesso em 15 de jan. 2013.

LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, 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. Disponível em:<http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0006-87051992000200009&script=sci_arttext> Acesso em 29 de ago. 2013.

LOPES, F.B. Uso de geoprocessamento na estimativa da perda de solo em microbacia hidrográfica do semiárido brasileiro. **Revista Agro@mbiente**. Boa Vista, RR. v. 5, n. 2, p.88-96, maio-agosto, 2011. Disponível em:<<http://revista.ufrr.br/index.php/agroambiente/article/view/503>> Acesso em 23 de jan.,2014.

MACHADO, C.C. Comparação de Taxas de Erosão em Estradas Florestais Estimadas pelo Modelo WEPP (Water Erosion Prediction Project) Modificado em relação a Medições Experimentais. **Revista Árvore**. Viçosa-MG. V. 27 nº3, p.295-300. 2003. Disponível em:<http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-67622003000300004&script=sci_arttext> Acesso em 10 de set. 2012.

MAGALHÃES, C.S. **Determinação e Análise da Fragilidade Ambiental da Bacia do Médio-Baixo Curso do Rio Araguari – MG, Por Meio da Aplicação do Método AHP (Analytic Hierarchy Process)**.2012. 62 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012.

MANNIGEL, A. R. et al. Fator erodibilidade e tolerância de perda dos solos do Estado de São Paulo. **Acta Scientiarum**. v. 24, n. 5, Maringá. p. 1335-1340, 2002. Disponível em:<<http://eduemojs.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/viewFile/2374/1787>> Acesso em: 20 de jan., 2014.

MCCOOL, D. K. et al. The Revised Universal Soil Loss Equation. Estados Unidos: [s.n.], jun. 1995. p . 1-9. Disponível em:<<http://www.tucson.ars.ag.gov/unit/publications/PDFfiles/1132.pdf>> Acesso 12 de jun. 2013.

MELLO, C. R. et al. Krigagem e Inverso do Quadrado da Distância para interpolação dos parâmetros da equação de chuvas intensas. **R. Bras. Ci. Solo**. v. 27. N 5,Viçosa.p. 925-933, 2003. Disponível em:<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832003000500017> Acesso em: 20 de jan., 2014.

MENDES, C.A.R. (2006). **Erosão em encosta íngreme sob cultivo perene e com pousio no município de Bom Jardim** – 2006, 337 f. Tese (Doutorado em Ciências)-Programas de Pós-

graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ , 2006. Disponível em:<http://www.getres.ufrj.br/pdf/MENDES_CAR_06_t_D_int.pdf> Acesso em 23 de jun. 2013.

MENDES, P. C. Gênese e estrutura espacial das chuvas na cidade de Uberlândia – MG. 2001. 258 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de pós-graduação em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2001.

MENDES, P.C.; QUEIROZ, A.T. Caracterização climática do Município de Ituiutaba – MG. In: PORTUGUES, A.P.; MOURA, G.G.; COSTA,R.A.(Org). **Geografia do Brasil Central: enfoques teóricos e particularidades regionais.** Uberlândia: Assis Editora 2011. p.333-354.

MORGAN, R. P. C. **Soil erosion and conservation.** 3^a ed. Oxford – UK. Blackwell Publishing Ltd, 2005.

NASCIMENTO, M. A. L do. Estudo dos processos erosivos na bacia do ribeirão João Leite em Goiânia. (Tese de doutorado). São Paulo: USP, 1998.

NISHIYAMA, L. Geologia do Município de Uberlândia e Áreas Adjacentes. **Revista Sociedade & Natureza**, Uberlândia: Edufu, v. 1, n. 1, p. 9-16, jun. 1989.

NUNES,A.N.; ALMEIDA,A.C.; COELHO,C.O. A. impacts of land use and cover type on runoff and soil erosion in marginal area of Portugal. **Applied Geography**, v 31.p 687-699, 2011. Disponível em:<http://cdn.intechopen.com/pdfs/23111/InTech-Soil_erosion_under_different_land_use_and_cover_types_in_a_marginal_area_of_portugal.pdf> Acesso em 12 de set. 2013.

NUNES, M. C. M.; CASSOL, E. A. Estimativa da erodibilidade em entressulcos de Latossolos do Rio Grande do Sul. **R. Bras. Ci. Solo**, v.32, p. 2839-2845, 2008. Número Especial. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v15n6/v15n06a01.pdf>> Acesso em 12 de ago. 2013.

RITTER , J.; ENG, P. Soil Erosion — Causes and Effects. **Factsheet**. Ontario, Order nº12-053, outubro, 2012. Não paginado. Disponível em: <<http://www.omafra.gov.on.ca/english/engineer/facts/12-053.pdf>> Acesso 12 de dez. 2013.

OLIVEIRA, F.A. **Estudo do aporte sedimentar em suspensão na Baía da Babitonga sob a ótica da geomorfologia.** 2006. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-27052007-143328/pt-br.php>> Acesso em: 20 de jan. 2014.

OLIVEIRA, J.R. de. **Perdas de solo, água e nutrientes em um Argissolo Vermelho-Amarelo sob diferentes padrões de chuva simulada.** 2007. 52 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Ciência do Solo). Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2007. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/daniel/Downloads/Material/Teses%20Orientadas/Disse rtacao%20Joao%20Ricardo%20versao%20final.pdf>> Acesso em 15 mai. 2013.

OLIVEIRA, L. A; GONÇALVES, R. M; MARTINS, F.P. Contraste de Condutividade Hidráulica em Solos de Texturas Arenosa e Argilosa Encontrados nos Tributários da Margem Esquerda do Rio Tijuco, Município de Ituiutaba, Estado de Minas Gerais, Brasil. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia v. 11, n. 33 mar 2010 p. 230 – 243. Disponível em:<<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/16139/9083>>Acesso em 13 de set, 2013.

OLIVEIRA, T. K.; CARVALHO, G. J.; MORAES, R. N. de S. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. **Pesq. Agrop.** Bras., Brasília, v. 37, n. 8, p. 1079-1087, ago. 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v37n8/11667.pdf>>Acesso em: 15 de mai. 2013.

OLIVEIRA, P.M. de. **Modelagem do Escoamento Superficial e da Erosão Hídrica na Sub-Bacia Hidrográfica do Ribeirão Marcela, Alto Rio Grande, MG.** 2006, 155 f. (Tese de Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006. Disponível em:<http://www.deg.ufla.br/setores/engenharia_agua_solo/pesquisa/recursos_hidricos/Tese-Polyanna.pdf> Acesso em 16 de ago. 2012.

PARVEEN, R .; KUMAR, U. Integrated Approach of Universal Soil Loss Equation (USLE) and Geographical Information System (GIS) for Soil Loss Risk Assessment in Upper South Koel Basin, Jharkhand. **Journal of Geographic Information System**, nº 4, p. 588-596, 2012. Disponível em:<<http://www.scirp.org/journal/PaperInformation.aspx?PaperID=26324#.U8cGSvldV1Y>> Acesso em 14 de jun. 2013.

PENTEADO, M.G. Processos Exógenos de Elaboração do Relevo. In: PENTEADO, M.G. **Fundamentos de Geomorfologia**. Rio de Janeiro, IBGE, 1978, p. 75-81.

PEREIRA, S. P.; TEIXEIRA, A. S. Avaliação espacial da Erosão Através do Uso de SIG – Sistema de Informações Geográficas. **Revista Tecnologia da UNIFOR**, v.26, n.2, p.186-195, 2005. Disponível em:<http://hp.unifor.br/pdfs_noticia/1069.PDF> Acesso em 14 de jun. 2013.

PEREIRA, L. A et al. Diagnóstico das disponibilidades hídricas na Bacia Hidrográfica. **Plano diretor da Bacia do Rio Araguari**, 2008. Disponível em:<<http://www.cbharaguari.org.br/?olm=planos>>. Acesso em: 08 mai. 2013.

PESSOA, F. **Poemas Completos de Alberto Caeiro**. Recolha, Transcrição e notas: Teresa Sobral Cunha. Posfácio: Luís de Sousa Rebelo. Lisboa: Editorial Presença, 1994. (Coleção Ler Pessoa).

RADAMBRASIL. **Levantamento de Recursos Naturais**. v. 31, Rio de Janeiro, Folha SE-22. Goiania, 1983. 768p.

RENARD, K.G. et al. **Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)**. Washington,1997: Agriculture Handbook , n. 703. Disponível em:<<http://www.tucson.ars.ag.gov/unit/publications/PDFfiles/1132.pdf>> Acesso 23 de maio. 2013.

RITTER, J.; ENG, P. Soil Erosion — Causes and Effects. **FactSheet**. Ontário v. 87.040. out. 2012. Disponível em:<<http://www.omafra.gov.on.ca/english/engineer/facts/12-053.htm#3>> Acesso 17 de out., 2013.

RODRIGUES, M.T. et al. **Utilização de métodos de interpolação para análise espacial pluviométrica na Bacia Hidrográfica do Paraíba do Meio – Alagoas e Pernambuco**. [S.I.:s.n., entre 2011 e 2013]. Disponível em:<<http://sic2011.com/sic/arq/21068475392722106847539.pdf>> Acesso 14 de jan., 2013.

RODRIGUES, S.C. et. al. Cartografia Geomorfológica e os Condicionantes Hidrogeomorfológicos de Erosão em áreas Amostrais na Bacia Hidrográfica do Rio Araguari.

In: LIMA, S. do C.; SANTOS, R. J. (Org.) **Gestão Ambiental da bacia do Rio Araguari – Rumo ao Desenvolvimento Sustentável**. Uberlândia, Universidade Federal de Uberlândia / Instituto de Geografia; Brasília: CNPq, 2004. p. 21 – 43.

ROSA. R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. 7. ed. Uberlândia: EDUFU, 2009.

ROSA, R. et al. Elaboração de uma base cartográfica e criação de um banco de dados georreferenciados da Bacia do Rio Araguari – MG. In: LIMA, S. do C.; SANTOS, R. J. (Org.) **Gestão Ambiental da bacia do Rio Araguari – Rumo ao Desenvolvimento Sustentável**. Uberlândia, Universidade Federal de Uberlândia / Instituto de Geografia; Brasília: CNPq, 2004. p. 69 – 87.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, n.6, São Paulo: Edusp, p. 17-30, 1992.

SANTANA, N.M.P. de. et al. Índices de erosividade das chuvas para a alta bacia do Rio Araguaia (GO/MT). IN: **SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA/REGIONAL CONFERENCE ON GEOMORPHOLOGY**, IV, 2006, Goiânia-GO. Disponível em:<<http://www.labogef.iesa.ufg.br/links/sinageo/articles/512.pdf>> Acesso em 12 de set. 2013.

SANTOS, A, R. dos.; PELUZIO,T.M.O.; SAITO, N.S. **Spring 5.1.2 Passo a Passo: Aplicações Práticas**. Alegre: CAUFES, 2010, 153 p. Disponível em: <<http://www.mundogeomatica.com.br/spring5x.htm>> Acesso em 12 de dez. 2013.

SANTOS, C.R.; ROSA,R. Avaliação das perdas de solo por erosão laminar na bacia hidrográfica do córrego Bebedouro- Uberlândia/MG. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, XV, 2011, Curitiba-PR. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p1384.pdf>> Acesso em 18 de ago. 2013.

SCHICK, J. et al. Erosão hídrica em Cambissolo húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: I. Perdas de solo e água. **R. Bras. Ci. Solo**. Viçosa, v. 24 p. 427-436, 2000. Disponível em:<<http://sbc.solos.ufv.br/solos/revistas/v24n2a19.pdf>> Acesso em 15 de mai. 2013.

SERIO, J. et al. Aplicação da USLE e SIG na caracterização de três micro bacias hidrográficas no Brasil. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais.** v. 6, n. 2, p. 213-221, 2008. Disponível em:<<http://www2.pucpr.br/reol/index.php/ACADEMICA?dd1=2396&dd99=view>> Acesso em 15 de mai. 2013.

SHI, Z.H. et al., Modeling the impacts of integrated small watershed management on soil erosion and sediment delivery: A case study in the Tree Gorges Area, China. **Journal of Hydrology**, v. 438–439, 2012, P. 156-167. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169412002132>> Acesso 12 de ago. 2013.

SILVA. A. B. **Sistemas de informações georreferenciadas: conceitos e fundamentos.** Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2003, p.183.

SILVA, A. M. da. et al. Erosividade da chuva e erodibilidade de Cambissolo e Latossolo na região de Lavras, sul de Minas Gerais. **Rev. Bras. Ciênc. Solo.** vol. 33 n.6.p. 1811-1820.Viçosa Nov./Dec. 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v33n6/a29v33n6.pdf>>Acesso em: 20 de jan., 2014.

SILVA, A. M. da.; ALVARES, C. A.; WATANABE, C.H. Natural Potential for Erosion for Brazilian Territory. In: GODONE, D.; STANCHI, S. **Soil Erosion Studies.** Croacia, InTech Books, 2011. p. 3-24. Disponível em<www.intechopen.com> Acesso em: 25 de jan., 2014.

SILVA, I, F. **Estudos geomorfológicos em áreas amostrais da Bacia do Rio Araguari – MG.** Uma abordagem da Cartografia Geomorfológica. 2005, 128f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2005.

SILVA, J.F. Diagnóstico ambiental das Bacias Hidrográficas que desaguam no Trecho de Vazão Reduzida, da Usina Hidrelétrica Amador Aguiar I, Uberlândia – MG. 2011, 181f. (Dissertação de Mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. Disponível em: <<http://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/1222/1/DiagnosticoAmbientalBacias.pdf>> Acesso em 12 de abril, 2014.

SILVA, K. R. et al. Interpolação Espacial da Precipitação no Estado do Espírito Santo. **Floresta e Ambiente.** [S.I.], v.18, n. 4,p. 417- 427, out./dez 2011. Disponível em:<<http://www.floram.org/files/v18n4/v18n4a8.pdf>>Acesso em: 20 de jan., 2014.

SILVA, R. M.; PAIVA, F. MARIA de L .;SANTOS,C. A. G. Análise do grau de erodibilidade e perdas de solo na bacia do Rio Capiá baseado em SIG e Sensoriamento Remoto. **RBGF- Revista Brasileira de Geografia Física.** Recife, v.2 n.01 jan/abril 2009 p. 26-40. Disponível em:<<http://www.revista.ufpe.br/rbgfe/index.php/revista/article/viewFile/41/43>>Acesso em 13 de dez. 2012.

SILVA, T.I. **Diagnóstico e Análise da Fragilidade Ambiental da Bacia do Médio Baixo Curso do Rio Araguari, Minas Gerais.** 2010. 85 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2010. Disponível em:<http://www.geografiaememoria.ig.ufu.br/downloads/Thallita_isabela_silva.pdf>Acesso em 13 de jul.2012.

SILVA, V. C. Estimativa da erosão atual da bacia do rio Paracatu (MG/GO/DF). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 34, n.3, p.147-159, 2004. Disponível em:<<http://www.revistas.ufg.br/index.php/pat/article/view/2308>>Acesso em 23 de ago. 2013.

SOUZA, V. de.; GASPARETTO,N. V. L. Avaliação da erodibilidade de algumas classes de solos do município de Maringá – por meio de análises físicas e geotécnicas. **Bol. Geogr.**, Maringá, v. 28, n. 2, p. 5-16, 2010. Disponível em:<<http://eduemojs.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/viewFile/10386/6452>> Acesso em 16 de set, 2013.

STEIN, D.P. et al. Potencial de erosão laminar, natural e antrópico, na Bacia do Peixe Paranapanema. In: **Simpósio Nacional de Controle de Erosão.** 4.,1987, Marília, São Paulo. Anais. Marilia: ABGE/DAEE, 1987. p. 105-135.

TAO, T. et al. Uncertainty analysis of interpolation methods in rainfall spatial distribution-a case of small catchment in Lyon. **Journal of Water Resource and Protection** 2009; 2:136-144. Disponível em: <http://www.oalib.com/paper/3100#.UuFWFRBTvIU> Acesso em 12 de jan. 2013.

TOMAZONI, J.C.; GUIMARÃES. A sistematização dos fatores da EUPS em SIG para Quantificação da erosão laminar na Bacia do Rio Jirau. **RBC - Revista Brasileira de Cartografia** Nº 57/03, p. 235 - 244, 2005. Disponível em: <<http://www.lsie.unb.br/rbc/index.php/rbc/article/viewFile/129/112>> Acesso 12 de ago. 2013.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: FIBGE / SUPREN, 1977. 97p.

TROPPMAIR, H. **Biogeografia e Meio Ambiente**. 8^a. ed. Rio Claro, SP: Divisa, 2008, 227

VALE JÚNIOR, J. R. et al. Erodibilidade e suscetibilidade à erosão dos solos de cerrado com plantio de *Acacia mangium* em Roraima. **Revista Agroambiente Online**. v. 3, n. 1, p. 1-8, 2009. Disponível em: <<http://revista.ufrr.br/index.php/agroambiente/article/viewFile/253/212>> Acesso em 12 de set. 2013.

VALENTE, A.L.S. et al. Estimativa da suscetibilidade potencial à erosão laminar devido a fatores naturais: uma proposta metodológica e sua aplicação no município de Porto Alegre (RS). **Revista Teoria e Prática na Engenharia Civil**. Editora Dunas: Rio Grande/RS. n. 2, 2001, p.85-92. Disponível em: <<http://repositorio.furg.br:8080/bitstream/handle/1/1484/Estimativa%20da%20suscetibilidade%20potencial%20%C3%A0%20eros%C3%A3o%20laminar%20devido%20a%20fatores%20naturais%20uma%20proposta%20metodol%C3%B3gica%20e%20sua%20aplica%C3%A7%C3%A3o%20no%20munic%C3%ADpio%20de%20Porto%20Alegre.pdf?sequence=1>> Acesso em 21 de jul. 2014.

WEILL, M. de A.; SPAROVEK, G. Estudo da erosão na microbacia do Ceveiro (Piracicaba, SP). I - Estimativa das taxas de perda de solo e estudo de sensibilidade dos fatores do modelo EUPS. **R. Bras. Ci. Solo**, [S.I.], n 32, p.801-814, 2008. Disponível em:<<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v32n2/34.pdf>> Acesso em 23 de ago.2013.

WISCHMEIER, V. H.; SMITH, D.D. **Predicting Rainfall – Erosion Losses from Cropland East of the Rocky Mountains: guide for selection of practices for soil conservation**. 49. p.Departamento of Agriculture, 1965. Disponível em:<http://topsoil.nserl.purdue.edu/usle/AH_282.pdf> Acesso 25 de jul. de 2013.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. Washington:USDA/ARS.1978.58p. Disponível em: <<http://naldc.nal.usda.gov/download/CAT79706928/PDF>> Acesso em 11 de jun. 2012.

YÜKSEL, A. Application of GEOWEPP for Determining Sediment Yield and Runoff in the Orcan Creek Watershed in Kahramanmaras, Turkey. **Sensors**, Basel Switzerland, v 8. p.1222-1236, 2008. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/1424-8220/8/2/1222>> Acesso em 19 de nov. 2013.

ZHANG, L.; O'NEILL, A.L.; LACEY, S. Modelling approaches to the prediction of soil erosion in catchments. **Environmental Software**. [S.L] v. 11, 1996, p.123-133. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0266983896000238>> Acesso 23 de maio. 2013.

ZINGG, R.W. Degree and length of land slope as it affects soil loss in runoff. **Agricultural Engineering**, v.21, 1940, p. 59-64.

ANEXO A – Totais pluviométricos anuais (mm) da Estação Fazenda Letreiro

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1981	265,5	86,4	161,2	18	2	63,5	0	0	0	226,9	206,2	296,6	1326,3
1982	534,7	142,3	304,5	53,5	94,6	28,6	16	29,4	3,2	111,9	168	359,2	1845,9
1983	407,1	290,2	173,6	123,4	51,1	1,4	60	4,7	79,2	171,6	220,6	293	1875,9
1984	119,3	159,2	190,9	71,6	50,2	0	0	36,9	69,5	82,7	261,6	232	1273,9
1985	437,1	84,9	263,3	82,8	10,3	0	0	0	23,6	24,7	125,2	148,3	1200,2
1986	144,9	109,6	201,9	68	40,6	0	44,4	83,7	22	87,4	45,3	465,1	1312,9
1987	278,5	137	288,1	51,6	26	12	1,3	6	69	151	208	359	1587,5
1988	202	274	116	50	27	12	0	0	16	19,3	34,1	248,4	998,8
1989	149,9	288,3	129,6	65	16,9	14,9	89,1	21	51,9	34,3	331,8	324,2	1516,9
1990	161,8	146	116,6	34,6	91,3	0	46,2	50,7	47,1	71,6	166,7	163,5	1096,1
1991	220,4	155,2	324,9	93,6	4,7	0	0	0	20,9	57,7	119,2	277,2	1273,8
1992	390,7	341,8	123,4	141	59,9	0	0	10,4	106,3	264,2	366,9	255,3	2059,9
1993	253,3	223,3	148	46	19,9	65,5	0	16,3	70,5	124,7	111,5	464,4	1543,4
1994	231,4	54,9	348,7	54,5	23,1	14,5	7,8	0	5,3	156,3	120,9	267	1284,4
1995	160	469,7	168,7	46,4	121,3	7,3	0	0	36,9	72,1	76,5	304	1462,9
1996	205,6	205,9	124,7	48,8	47,6	7,2	0	2,6	124,4	64,8	257,8	129,8	1219,2
1997	328,7	104	243,9	60,5	18,2	85,4	0	0	38,6	102,7	383,3	306,1	1671,4
1998	195,4	209,9	180,1	93,5	71,4	0	0	53,1	1	119,9	115,5	192,1	1231,9
1999	247,7	154,3	287,4	58,2	8,7	6,9	0	0	60,5	31,4	185,8	233,5	1274,4
2000	360,7	251,9	315,5	70	0,1	3,7	12,7	8,2	109,5	74,7	129,6	211,3	1547,9
2001	269,2	93,5	173,8	21,9	68	1,8	0,5	76	18,3	65,2	227,7	445,7	1461,6
2002	255,8	331	115,3	6,4	35,5	0	1	0	39,3	50,2	182,7	414,2	1431,4
2003	711,7	136,8	314,8	160,3	54,8	0	0	7,3	34,8	62,5	256,5	198,2	1937,7
2004	254,2	238,2	72,9	123,6	15,3	16,7	20,3	0	2,3	102	138,2	454	1437,7

Continuação

2005	486,7	42,7	183,4	109,2	93,1	41,5	0	6,8	57,7	69,7	201,2	273,3	1565,3
2006	218,3	229,9	369,4	217	31,1	0	0	21,2	77,4	288,3	306,9	525,1	2284,6
2007	502,5	222,4	137,4	59,3	18,3	27,9	31,3	0	12,5	130,3	197,2	286,9	1626
2008	193,1	272,4	295	226	63,7	0,2	0	0	39,7	206,3	86,4	366,9	1749,7
2009	480,8	325,4	182,4	85,2	61,1	35,7	12,3	54,4	155,7	184,2	148,7	350,7	2076,6
2010	183,2	250,8	87,2	34,2	25,1	11,8	2	0	11,4	124,5	318,2	238,8	1287,2
2011	320,3	294,8	390,5	199,4	5,3	27,7	0	0	2,4	136,1	74,8	232,7	1684
Média	295,823	204,087	210,745	83,0161	40,5226	15,6839	11,1258	15,7645	45,3839	111,91	186,226	300,532	1520,82

Fonte: <<http://hidroweb.ana.gov.br>> Org. PEREIRA, J.S. 2013

ANEXO B – Totais pluviométricos anuais (mm) da Estação Porto Saracura

Ano	Jan	Fev	Mar	Abril	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1978	223,9	280,2	336,4	79,3	95,8	40	13,4	0	73,9	236,3	205,5	290,1	1874,8
1979	319	432,7	222	11,6	79,3	0,1	35,7	29,6	114,8	31,1	147,3	207,3	1630,5
1980	117,3	266,8	122,1	104,2	1,8	27	2	31	32,3	36,8	205	172,2	1118,5
1981	157,7	43,8	37,4	13,4	1,2	72,8	0	0	0,2	163,1	228,4	204	922
1982	447,6	76,7	138,7	131,9	14,6	35	6	18,8	14	96,8	123,2	358	1461,3
1983	891,8	185,4	254	157	43	19	40	4	123,9	240,7	199,4	331,2	2489,4
1984	154,6	84,2	152,4	66,3	90,5	0,7	1,8	46,3	164,5	80,7	174,9	319,4	1336,3
1985	524	137,1	189,4	101,1	20,9	0,1	0	0	87,8	64,2	128	226,6	1479,2
1986	359	250	163,8	68,7	36,7	0,6	20,9	105,8	27,7	68,4	60,6	397,5	1559,7
1987	361,6	106	281,4	350	14,1	11,1	1,3	4,4	43,8	183,1	162,1	484,2	2003,1
1988	196	290	138	62	20	16	0	0	10	167	143	206	1248
1989	157,7	43,8	37,4	13,4	1,2	72,8	0	0	0,2	163,1	228,4	204	922
1990	160,9	243,1	209,9	79,6	50,6	0	26,8	111	86,1	120,7	159,2	118,1	1366
1991	303,9	353,8	456	218,9	3,1	0	0	19	79,4	69,4	153,5	214,1	1871,1
1992	592,9	257,5	204,6	144,4	54,9	0	5,6	19,8	115,7	143,6	292,7	265,3	2097
1993	157,2	428,4	134,4	168,4	55,2	32	0	45,6	65,6	105,5	223,1	241,9	1657,3
1994	207,3	118,4	48	41,2	15,7	1,2	0,8	0	0,8	76	83,1	164,6	757,1
1995	142,4	162,1	74,2	29,6	105,6	0	0	0	10,2	41,3	45,6	123,1	734,1
1996	141	36	26,2	12,2	5,1	0	4,2	9,5	80,6	7,3	212,5	46,5	581,1
1997	60,8	151,1	224,5	14,3	0,3	4,2	0	23,4105	59,5526	110,268	167,132	240,742	1056,31
	283,83	197,355	172,54	93,375	35,48	16,63	7,925	23,4105	59,5526	110,268	167,132	240,742	117,353

Fonte: <<http://hidroweb.ana.gov.br>> Org. PEREIRA, J.S. 2013

ANEXO C – Totais pluviométricos anuais (mm) da Estação Araguari

Ano	Jan	Fev	Mar	Abril	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1981	251,9	117,2	237,2	47,3	0	70,1	1,5	0	0,8	182,7	329,4	362,5	1600,6
1982	430,8	108,3	351,6	50	93,9	43,1	11	11,3	33,9	200,4	97,9	459,1	1891,3
1983	490,2	292,1	271,9	67,4	41	4,6	34,1	0	36	147,5	111,1	316,2	1812,1
1984	185,2	44,1	58,3	87	52,1	0	0	72,3	83,8	67,6	137	255,9	1043,3
1985	544,2	151,7	267,9	11,4	16,8	0	0	0	40,6	119,9	154,2	212,1	1518,8
1986	192,6	211,6	148,9	50,7	39,5	0	4,4	19,4	27,3	151,8	153,7	483,9	1483,8
1987	185,4	72,6	149,4	105,4	17,2	12	3	12	61,6	139,9	231,1	486,9	1476,5
1988	138,8	200,8	227,1	83	38,4	31,3	0	0	0	137	129	371	1356,4
1989	178,4	265,6	132,3	39,6	0,9	4	52	65,1	35,3	39,6	341,1	428,2	1582,1
1990	191,2	342,7	138,2	82	52,2	0	22,4	24	12,9	113,8	114,5	172,5	1266,4
1991	710,6	326,3	366,6	174,1	10,1	0	0	0	5,2	136,3	260,6	266,6	2256,4
1992	164,2	291,8	103,2	107,3	20,2	0	0	20,2	148,1	159,9	266,7	274,1	1555,7
1993	165,4	339	73,7	23,1	5	71	0	33,9	35,9	85,9	44,7	156,8	1034,4
1994	240,3	64,4	705,2	53,9	35,2	9,4	6,1	0	0	76,4	205,9	218,6	1615,4
1995	169	341,2	149	64,7	71,9	6,8	8,5	0	26,9	50,9	127,6	244,8	1261,3
1996	230,4	145,5	261	41,1	245,3	9,3	1,2	29,8	77,9	79	284,4	245,4	1650,3
1997	400,7	97,4	215,4	56,8	20,4	93,9	0	0	33,6	91,7	200,5	235,8	1446,2
1998	303,3	76,9	71,5	68,2	50,1	0	0	53,5	46,4	91,2	129,9	203,9	1094,9
1999	207,2	104	295,9	113,6	8,3	7,4	1,6	0	28,7	21,4	104,8	286,2	1179,1
2000	370	355,3	383,9	27,8	0	0	13,4	34,9	109,6	130,9	167,2	188,9	1781,9
2001	252,5	135,6	263,9	36,6	83,1	1,9	0	29,1	91,5	103,8	218,7	429,5	1646,2
2002	289,6	428,9	174	41,7	16,2	0	18,6	0	37,6	87,1	82,5	270,5	1446,7

Continuação

2003	362	67,7	250,1	142,3	12,2	0	0	0	37,4	40	146,9	331,4	1390
2004	254,5	274,3	154,1	101,3	2,3	0	31,5	0	2	46,4	161,6	318,5	1346,5
2005	493,7	51	441,4	12,6	32,9	9,5	0	17,4	36,2	27,9	225,2	440,3	1788,1
2006	243,3	149,9	255,7	100	9,6	0	0	1,7	67,3	108,9	172,7	305,61	1414,76
2007	289,8	192,3	237,4	70,5	34,7	17,6	7,2	0	17,1	142,6	101,7	278,5	1389,4
2008	250,9	304,4	250,5	148,7	11,9	3,9	0	0	22,9	113,2	90,6	360,5	1557,5
2009	273,7	173,6	178,2	77,7	41,8	23,3	8,7	34,5	163,9	249,5	95,6	375,3	1695,8
2010	222,8	138,8	116,9	0	13,5	12,3	0	0	26,2	106,8	372,1	264,4	1273,8
2011	303,1	96,1	430,5	100,6	0	26,7	0	0,9	0,8	126,6	96,3	230,2	1411,8
Média	289,861	192,294	237,448	70,529	34,7323	14,7774	7,26452	14,8387	43,4645	108,923	172,748	305,616	1492,5

Fonte: <<http://hidroweb.ana.gov.br>> Org. PEREIRA, J.S. 2013

ANEXO D – Totais pluviométricos anuais (mm) da Estação Estrela do Sul

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1981	304,1	19,9	259,7	56,4	23,6	50,3	15,1	0	0	186,7	210,9	280	1406,7
1982	532,1	102,2	481,5	119,9	36,4	8,3	16,4	0,2	18,8	105,1	28,6	275,4	1724,9
1983	607,8	374	212,1	254,4	57,8	10	36,8	5,2	72,6	262,1	231,6	360	2484,4
1984	123,8	97	187,9	105,6	47	0	0	43,8	66	45,3	252,5	208,7	1177,6
1985	588,8	113,4	217,5	21,6	12	0	0	0	59,1	69,1	143,7	169,3	1394,5
1986	249,7	136,6	153,9	26,6	53,7	0,4	24,1	59,4	59,4	100,2	51,5	436,9	1352,4
1987	259,6	133,6	216,2	118,8	12,1	13,6	3,4	13,4	46,9	144,7	169,9	296,2	1428,4
1988	126,1	420,6	158,2	79,4	39,3	19,6	0	0	15,5	138,5	116,1	275,3	1388,6
1989	196,3	398,8	166,2	63,1	26,7	10,6	51,4	16,9	22,2	88,6	321,2	517,7	1879,7
1990	89,8	206,3	204,5	13,5	23,1	0	25,3	25,5	41,4	115,6	113,8	154	1012,8
1991	338	206,7	312,9	64,5	6,3	0	0	0	44,3	93,4	185	332,3	1583,4
1992	569,8	292	74,8	82,7	26,2	0	0	20,4	112,7	229,6	248,2	227,7	1884,1
1993	147,3	434,9	20,9	76,5	2,6	34,3	0	29,1	36,8	52,7	103,6	273,1	1211,8
1994	387,1	87,7	258,8	6,9	70,4	1,3	7,8	0	0,4	101,5	205,3	311	1438,2
1995	217,5	370,3	203,2	81,7	234,7	5,1	1,4	0	27,5	161,2	81,8	305,4	1689,8
1996	185,5	91,5	160,5	60,3	49,7	5,3	16	32,7	73,2	103,1	288,4	159,6	1225,8
1997	318,1	79	222,2	57,2	9,4	70,8	0	0	30,1	143,8	259,1	219,7	1409,4
1998	281,9	74,8	77,4	41,1	69,6	0	7,2	65,4	6,2	77,3	178,4	103,4	982,7
1999	295,7	152,6	240,5	14,3	0,7	5,8	1,7	0	29,3	50,4	224,8	184,4	1200,2
2000	416,2	329,6	252,5	48,5	0	2,2	13,3	14,4	86,3	54	251,9	273,5	1742,4
2001	195,8	80,3	125	21,3	34,5	2,4	0	31,1	14,2	116	269,8	476,8	1367,2
2002	241,5	365	186,1	40,8	36,8	0	2,6	0	25,5	37,8	95,5	335,7	1367,3
2003	651,9	108,2	252,6	90,1	21,5	0	0	4,3	140,6	65,8	151,2	336,4	1822,6
2004	362,1	296,1	204,3	70,2	33,1	9,9	37,8	0	0,7	31,7	110,2	382,1	1538,2

Continuação

2005	280,6	74,2	210,5	73,8	24,8	14,2	0	9,6	32	49,6	294	264,4	1327,7
2006	147,9	181,6	266,8	105,5	13,3	0	0,5	2,9	36,7	169,4	222,4	317,9	1464,9
2007	293,5	225,9	87,9	55,6	3,3	7,3	3,8	0	0,3	82,3	132,8	300,4	1193,1
2008	161,7	375,1	265,9	108,6	33,4	10,6	0	0	39,1	109,1	118,3	449,9	1671,7
2009	217,2	119,5	158	77,7	25,9	24	2,4	16,4	110,1	139,5	70,1	363	1323,8
2010	154	128,6	140,2	60,3	14,8	9,8	5,2	0	31,8	154,1	417,5	219,2	1335,5
2011	290,7	86,5	402,8	130,5	3,6	16,3	0	0	5,2	84,6	118,7	251,9	1390,8
Média	294,8	214,9	206,5	73,7	33,5	11,9	10,1	9,4	39,6	125,9	207	290,6	1520,1

Fonte: <<http://hidroweb.ana.gov.br>> Org. PEREIRA, J.S. 2013

ANEXO E – Totais pluviométricos anuais (mm) da Estação Cascalho Rico

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1981	203,2	29,3	224,4	24,3	8,3	33,6	6,7	0	0	185,8	371,9	368,3	1455,8
1982	510	82,2	415,1	66	76,3	9,1	3,2	0	0,5	76,8	55,3	327,9	1622,4
1983	501,3	301,9	415,6	134,7	25,8	0	53,6	0	35,5	88,6	165	291,7	2013,7
1984	76,6	67,2	127	222,2	46	0	4	35,7	53,9	17,9	118,3	258,1	1026,9
1985	577,8	140	277,3	26,9	13,8	0	0	0	40,5	121,7	124,2	256,9	1579,1
1986	271,6	222,8	174,7	17,5	43,5	0	16,7	87,7	33,3	127,2	10,9	298,8	1304,7
1987	158,3	242,7	318,8	284,2	41,5	75,1	15,1	10,1	301,9	496,6	630,3	724,5	3299,1
1988	422,7	473,5	396,8	210,4	106,6	118,3	0	0	35,1	560,8	370,7	458,1	3153
1989	342	456,5	389	182,7	78,3	65,7	12,1	81,6	141,8	197,6	543,9	746,6	3237,8
1990	261,4	180,4	227,6	172,6	116,6	0	176,8	33,2	140,3	143,3	395,1	242,4	2089,7
1991	699,5	722,5	498,4	87,1	56,2	0	0	0	50,8	271,7	278,5	329,3	2994
1992	540,5	435,4	93,2	102,1	6,3	0	0	17,8	134,6	223,7	222,6	271,4	2047,6
1993	170,1	345,1	319,6	84,8	2	31,6	0	36,2	129,1	46,3	174,5	371,2	1710,5
1994	338,8	157,6	288	9,7	77,9	0	3	0	0	296,4	205,2	331,4	1708
1995	304,4	705,6	210,7	84,2	181,5	0	0	0	63,8	117,6	154	296,8	2118,6
1996	266,7	101,5	249,5	82,7	29,8	3,3	0	47,8	63,3	150,9	255,1	161,4	1412
1997	396,8	89,8	211,6	40,8	16,3	70,5	0	0	9,8	158	319,9	215,3	1528,8
1998	281,6	172,2	106,1	55,7	92,4	0	0	35,8	13,7	74,2	180,9	209,2	1221,8
1999	264,7	184	367,8	23,6	5,4	9,9	0	0	32,7	72,4	186,6	157,6	1304,7
2000	399	458,4	347,4	24,6	11	0	11,1	18,9	131,9	71	182,7	237,1	1893,1
2001	137,8	81,7	281,5	22,9	55,2	0	0	18,7	63,9	120,6	225,5	359,5	1367,3
2002	315,4	327,6	207,3	3,5	45,4	0	0	0	45,4	65,8	54,8	240	1305,2
2003	451,9	118,7	283,3	119,4	3,3	0	0	0	69,8	61,7	184,8	306,7	1599,6

Continuação

2004	365,7	409,7	188,7	39,2	8	0	27,6	0	0	63,7	125,8	328,2	1556,6
2005	816,4	54,4	334,2	99,5	35,2	14,4	0	6,5	27,7	18,4	297,7	300,7	2005,1
2006	190,8	156,3	280,5	82,9	10	0	0	0,5	52,5	190,9	276,2	382,2	1622,8
2007	309,2	167,3	155,5	37,9	0	0	5,5	0	0	74,1	101,8	201,8	1053,1
2008	232,4	330,2	207,1	164,9	16	2,3	0	0	36,6	50,3	133,3	422,7	1595,8
2009	303,5	146,5	105,6	21,5	17,8	50,7	7,1	28,4	67	57,7	101,6	269,9	1177,3
2010	204,1	113,2	134,4	47,2	7,7	18,1	0,8	0	29,1	61,6	259,5	366,5	1242,2
2011	444,7	76,1	515,4	81,8	0	11,8	0	0	0	108,7	148,9	423,8	1811,2
Média	338,7	236,4	238,4	83,1	40,3	16,9	10,1	12,7	57,8	129,1	229,3	315,5	1715,6

Fonte: <<http://hidroweb.ana.gov.br>> Org. PEREIRA, J.S. 2013

ANEXO F – Totais pluviométricos anuais (mm) da Estação Uberlândia

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1981	256,2	99,1	169	41,1	17	59,9	0	0,1	0,9	155,7	273	431,6	1503,6
1982	647,4	124,3	321,6	105,7	73,6	40	19	42,6	23,7	188,1	218,8	402,3	2207,1
1983	400,4	231,6	226,9	89,1	38,7	6,2	50,6	1,2	119,9	240,8	234,6	323	1963
1984	191,3	82,2	233,1	93,6	43,6	0	0	45,9	36	76,4	189,6	286,3	1278
1985	570	111,3	291,5	75,4	20,2	0	0	0	23,6	66,5	150,8	263,4	1572,7
1986	215,3	176,4	164,8	99,8	27,6	0	1,6	50	42	125	107,6	545	1555,1
1987	238,2	201,2	169,3	102,1	28	10	0	0	37,8	59,2	282,5	348,9	1477,2
1988	174,8	285,2	256,4	150,1	43	5,4	0	0	42,3	124,2	116,6	316,5	1514,5
1989	223,1	248,4	127,5	44,6	3,5	0	55,2	22,2	70,1	34,5	312,3	265,1	1406,5
1990	110,9	150,1	97,6	25,3	68,7	0	43,3	37,8	51,5	103,3	168,4	155,7	1012,6
1991	383,5	255	469,4	178,7	4,7	0	0	0	39,3	79,3	113,4	258,7	1782
1992	398,8	383,7	112,8	119,5	46,2	0	0	4,8	80,9	148,7	363,5	310,6	1969,5
1993	180,9	285	137,8	107,2	30,2	72,2	0	18,8	78	199,8	98,6	433,5	1642
1994	385,3	142,6	340,6	26,6	35,9	9,4	9,4	0	7,4	135	177,3	351,9	1621,4
1995	288,2	422,2	239,1	57,1	121,6	3,4	1,6	0	22	65,2	133,5	308,2	1662,1
1996	279,8	137,6	176,6	39,8	56,1	8,4	6,8	6,9	103,2	69,5	263,8	295,2	1443,7
1997	297,4	131	390,4	127,4	36,3	105,1	0	0	32,9	79	302,4	312,3	1814,2
1998	144,7	162,7	97,4	61,3	57,2	21,2	0	85,4	4,4	189,9	178,5	311	1313,7
1999	282,5	185,1	166,3	45,8	10,6	8,8	0,2	0	59,9	60,3	247,1	217,4	1284
2000	345,4	280,6	446,3	54,3	0	0,9	10,7	9,4	164,3	5,2	161,1	350,5	1828,7
2001	307,9	104,9	152,1	18,8	70,1	1,2	0	29,6	86,7	118,4	199,2	339,7	1428,6
2002	325,9	319	105,9	53	19,4	0	1,3	0,1	57,5	45,1	216,4	341,5	1485,1
2003	556,1	97	310,2	97,8	62,1	0	1,2	2,7	38,4	67,1	234,2	179,7	1646,5

Continuação

2004	290,7	265,9	165,9	161,6	9,8	14,1	23,9	0	2,9	136,5	138,7	345,4	1555,4
2005	434,2	63,8	273,6	22,1	47,1	44,1	0	16,9	33,7	55,2	244,6	218	1453,3
2006	208,3	189,5	258,1	96,5	6,4	6,4	0	15,5	104,1	265,8	253,3	460,4	1864,3
2007	415,2	229,6	54,6	32,8	11,7	25,7	37,5	0	25,2	113,1	244,6	341,6	1531,6
2008	252,5	264,8	244,6	260,3	80,8	9	0	0,5	17,5	148,2	59,9	363,3	1701,4
2009	256,4	202,4	103,1	70,2	58,8	8,5	8,5	19,8	101,3	87,5	125,5	346,6	1388,6
2010	169,5	150,2	89	89,5	10,4	12,1	1,6	0	47,8	140,2	267,7	280,2	1258,2
2011	233,7	195	303,4	160,4	4,8	16,6	0	0	0,1	134,6	124,1	253,7	1426,4
Média	305,306	199,271	215,965	87,3387	36,9065	15,7613	8,7871	13,2323	50,171	113,461	200,052	321,2	1567,45

Fonte: Banco de dados do Laboratório de Climatologia da Universidade Federal de Uberlândia. Org. PEREIRA, J.S. 2013

ANEXO G – Erosividade da chuva\Estação Fazenda Letreiro (MJ.mm/ha.h.mês)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1981	1832,45	333,37	859,18	30,82	1,10	208,89	0,00	0,00	0,00	1443,64	1248,51	2167,99	8125,95
1982	4126,74	553,22	1755,58	125,31	297,67	48,43	20,05	50,50	1,74	384,11	711,80	2255,98	10331,14
1983	2694,93	1612,12	739,02	440,19	115,45	0,49	147,32	3,09	224,54	726,14	1063,20	1635,79	9402,26
1984	560,96	869,24	1145,13	258,43	150,75	0,00	0,00	94,48	247,01	321,63	1847,41	1539,57	7034,62
1985	4213,43	350,20	1951,99	337,14	14,25	0,00	0,00	0,00	50,16	53,75	631,54	816,63	8419,07
1986	736,46	482,04	1218,56	233,56	106,76	0,00	122,29	320,15	42,12	341,87	126,07	4324,99	8054,86
1987	1719,06	585,58	1809,81	133,00	46,99	14,53	0,50	5,07	206,74	678,79	1103,74	2527,43	8831,23
1988	1500,74	2383,90	646,59	180,23	70,73	20,65	0,00	0,00	31,96	42,49	100,81	2054,11	7032,22
1989	694,88	1875,36	557,15	195,45	25,29	20,89	315,47	35,17	138,89	74,07	2321,30	2241,07	8494,99
1990	998,55	854,34	607,28	96,04	418,92	0,00	148,96	171,53	153,39	289,67	1044,82	1014,52	5798,02
1991	1424,33	836,35	2567,15	388,16	4,14	0,00	0,00	0,00	39,87	186,24	560,28	2017,32	8023,85
1992	2358,29	1925,06	410,01	501,99	136,87	0,00	0,00	9,59	326,93	1302,18	2143,69	1236,18	10350,79
1993	1520,72	1255,87	672,65	114,13	31,99	195,16	0,00	23,63	218,21	518,63	437,62	3816,58	8805,20
1994	1524,01	171,61	2840,05	169,72	46,12	22,74	8,87	0,00	4,94	840,07	568,86	1893,77	8090,76
1995	788,58	4044,02	854,58	120,44	517,95	7,27	0,00	0,00	85,06	235,14	257,27	2089,26	8999,56
1996	1325,03	1327,97	620,27	149,31	143,77	8,17	0,00	1,74	618,01	229,63	1868,03	659,19	6951,11
1997	2126,04	370,62	1351,63	162,84	26,29	274,80	0,00	0,00	82,32	363,61	2684,61	1908,14	9350,91
1998	1216,93	1356,61	1075,25	397,50	263,97	0,00	0,00	168,40	0,41	579,81	547,82	1185,87	6792,56
1999	1699,97	828,70	2130,31	188,63	10,54	7,41	0,00	0,00	200,06	73,93	1098,68	1554,25	7792,48
2000	2594,90	1504,66	2117,65	215,39	0,01	2,48	16,14	8,31	424,82	237,72	548,66	1152,31	8823,06
2001	1738,35	349,12	894,70	38,55	215,29	0,87	0,12	254,89	29,36	201,98	1348,22	3737,05	8808,51
2002	1634,40	2416,93	487,55	6,05	81,55	0,00	0,36	0,00	95,16	137,99	980,58	3396,96	9237,53
2003	6139,37	502,25	1779,73	638,89	125,26	0,00	0,00	5,87	62,87	152,93	1304,16	881,74	11593,07

Continuação

2004	1613,52	1461,89	242,29	540,01	22,65	25,87	34,79	0,00	1,28	403,43	639,75	3891,60	8877,08
2005	4054,63	100,85	921,57	419,48	329,27	96,58	0,00	6,20	159,28	212,19	1060,71	1688,52	9049,27
2006	901,02	974,69	2002,22	892,89	46,78	0,00	0,00	26,15	186,71	1374,34	1511,17	3414,90	11330,85
2007	4134,96	1199,77	577,58	161,30	27,07	51,35	61,15	0,00	15,18	532,88	999,58	1765,96	9526,79
2008	915,79	1543,91	1742,48	1162,83	170,08	0,03	0,00	0,00	82,97	1012,48	270,15	2426,40	9327,12
2009	3211,73	1775,69	737,48	232,23	140,19	62,01	12,30	117,53	579,98	748,56	540,86	1989,43	10148,00
2010	1067,30	1719,28	345,84	83,53	52,22	16,61	1,12	0,00	15,76	593,79	2467,55	1595,96	7958,95
2011	2032,49	1791,99	2745,84	989,87	4,02	49,46	0,00	0,00	1,21	554,36	223,45	1251,38	9644,07
Média	2035,50	1205,07	1238,94	309,80	117,55	36,60	28,69	42,01	139,58	478,97	1040,67	2068,74	8742,13

Fonte: PEREIRA, J.S. 2013.

ANEXO H – Erosividade da chuva\Estação Porto Saracura (MJ.mm/ha.h.mês)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1978	1087,9	1529,2	2018,3	225,1	299,9	79,6	15,1	0,0	202,2	1180,7	955,1	1612,0	9205,2
1979	2070,1	3288,3	1194,0	13,5	250,2	0,0	74,5	56,1	438,8	60,4	640,6	1076,1	9162,5
1980	603,5	2101,0	641,4	504,2	1,1	64,9	1,2	80,0	85,2	103,9	1408,4	1080,9	6675,6
1981	1095,1	156,6	123,2	25,9	0,7	338,7	0,0	0,0	0,0	1152,6	1921,6	1618,7	6433,3
1982	3761,9	258,5	635,4	588,7	20,8	78,6	5,4	30,6	19,6	368,1	530,8	2680,1	8978,2
1983	7149,2	658,8	1062,4	511,8	71,7	20,7	64,2	1,9	357,3	979,1	735,8	1589,5	13202,4
1984	801,8	318,8	784,5	221,8	355,6	0,2	0,9	128,6	881,0	298,9	966,9	2412,2	7171,1
1985	4734,6	618,5	1010,2	389,5	35,6	0,0	0,0	0,0	314,5	195,5	557,3	1326,2	9181,9
1986	2561,5	1478,9	778,4	208,1	80,4	0,2	34,2	400,9	52,4	206,8	172,1	2989,9	8963,8
1987	2141,8	332,5	1463,8	2038,4	15,6	10,8	0,4	2,7	86,9	762,4	633,6	3336,3	10825,2
1988	1210,6	2194,2	710,7	211,0	37,9	27,0	0,0	0,0	13,2	949,4	750,2	1305,6	7409,8
1989	1095,1	156,6	123,2	25,9	0,7	338,7	0,0	0,0	0,0	1152,6	1921,6	1618,7	6433,3
1990	837,8	1567,5	1254,3	287,9	144,7	0,0	55,1	476,8	324,3	541,5	824,4	523,9	6838,2
1991	1732,4	2182,1	3207,6	1052,8	1,6	0,0	0,0	25,8	225,8	184,1	614,3	1018,0	10244,6
1992	4382,1	1235,5	871,5	513,5	118,3	0,0	3,7	25,2	366,8	509,2	1500,8	1292,8	10819,3
1993	698,4	3199,0	550,5	775,3	142,6	62,3	0,0	106,7	185,3	381,2	1188,2	1343,4	8632,9
1994	1926,2	823,1	209,0	165,8	38,3	0,8	0,4	0,0	0,4	419,9	480,9	1357,2	5422,2
1995	1115,1	1357,5	414,5	102,7	708,3	0,0	0,0	0,0	20,4	170,3	198,0	893,9	4980,7
1996	1311,7	165,1	101,9	31,9	8,5	0,0	6,3	21,9	561,2	14,7	2444,8	243,5	4911,6
1997	232,4	925,7	1688,4	25,8	0,1	4,0	0,0	54,6	225,2	573,8	1078,8	1877,3	6686,1
Média	2027,5	1227,4	942,2	396,0	116,6	53,8	13,1	70,6	218,0	510,2	976,2	1559,8	8111,4

Fonte: PEREIRA, J.S. 2013.

ANEXO I – Erosividade da chuva\Estação Araguari (MJ.mm/ha.h.mês)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abril	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1981	1466,9	459,2	1338,9	115,8	0,0	210,4	0,6	0,0	0,2	900,9	2204,2	2549,0	9246,1
1982	2918,5	358,8	2144,0	111,0	289,0	88,6	11,1	11,6	61,5	913,3	307,8	3214,4	10429,8
1983	3667,9	1671,5	1499,2	180,4	84,8	3,1	64,1	0,0	69,6	592,5	385,3	1885,3	10103,7
1984	1272,6	144,1	220,1	404,2	185,6	0,0	0,0	305,2	381,9	275,6	805,3	2079,1	6073,7
1985	4914,8	706,9	1676,1	13,9	25,0	0,0	0,0	0,0	95,6	494,6	724,7	1175,8	9827,4
1986	1033,8	1192,5	699,5	136,3	93,3	0,0	3,3	31,7	53,3	720,3	734,0	4185,7	8883,6
1987	979,3	236,0	705,7	415,5	26,5	15,4	1,9	15,4	183,9	638,7	1368,3	4241,0	8827,5
1988	673,1	1179,0	1421,2	308,4	95,7	70,2	0,0	0,0	0,0	659,9	602,3	2993,7	8003,3
1989	876,6	1603,8	556,8	89,2	0,3	2,7	134,9	189,8	74,9	89,2	2344,7	3311,4	9274,3
1990	1153,0	2796,0	704,4	318,9	160,7	0,0	44,5	49,4	19,2	524,5	529,4	986,2	7286,3
1991	5456,5	1674,2	1998,0	645,2	8,6	0,0	0,0	0,0	3,1	444,9	1190,1	1232,0	12652,6
1992	782,8	1873,8	386,8	410,4	32,5	0,0	0,0	32,5	669,3	751,9	1634,6	1704,0	8278,6
1993	1078,9	3206,9	316,3	54,4	5,3	298,8	0,0	97,3	106,1	399,1	148,0	994,9	6706,0
1994	1356,1	183,7	6950,9	140,2	73,4	9,9	5,1	0,0	0,0	238,1	1072,6	1174,6	11204,8
1995	959,0	2786,0	792,1	223,3	262,0	7,3	10,3	0,0	58,9	155,1	626,0	1683,0	7562,8
1996	1251,7	623,0	1512,6	91,4	1376,6	9,6	0,4	56,1	241,3	246,5	1723,1	1377,5	8510,0
1997	3205,2	374,5	1249,2	165,1	34,9	354,2	0,0	0,0	74,4	341,7	1120,4	1433,2	8352,9
1998	2594,1	323,1	289,3	269,3	168,6	0,0	0,0	186,3	150,1	418,6	716,1	1419,7	6535,0
1999	1375,2	483,0	2362,0	552,3	10,4	8,7	0,9	0,0	68,4	43,8	488,6	2245,5	7638,8
2000	2423,8	2279,1	2563,4	47,6	0,0	0,0	15,7	67,3	382,3	500,6	725,8	873,5	9879,3
2001	1441,2	560,9	1541,1	76,8	266,7	0,9	0,0	54,2	308,7	373,8	1158,7	3227,9	9010,8
2002	1957,4	3552,8	903,3	103,3	24,6	0,0	30,3	0,0	88,3	315,9	291,0	1764,8	9031,6
2003	2831,1	222,2	1615,0	686,1	16,5	0,0	0,0	0,0	90,3	99,9	720,1	2475,9	8757,1

Continuação

2004	1698,8	1903,5	793,2	419,6	1,3	0,0	71,2	0,0	1,1	128,3	852,6	2388,0	8257,7
2005	3745,4	119,4	3159,9	14,3	61,4	9,3	0,0	23,3	70,9	47,8	1137,7	3148,0	11537,4
2006	1528,2	732,6	1648,0	396,3	11,3	0,0	0,0	0,8	217,2	451,1	908,3	2160,2	8054,1
2007	2020,4	1084,1	1492,7	236,3	80,6	28,8	7,4	0,0	27,5	688,5	412,2	1902,1	7980,6
2008	1488,6	1996,2	1485,0	672,8	14,6	2,7	0,0	0,0	39,3	444,7	317,1	2580,6	9041,6
2009	1592,5	797,9	830,2	235,5	91,9	37,8	8,5	68,7	731,2	1383,7	322,6	2571,6	8671,9
2010	1447,9	705,9	543,9	0,0	20,5	17,8	0,0	0,0	56,2	474,2	3154,1	1877,6	8298,3
2011	2136,8	373,7	3639,8	400,5	0,0	53,5	0,0	0,3	0,3	567,8	374,8	1407,3	8954,8
Média	1978,3	1167,9	1523,3	256,0	113,6	39,7	13,2	38,4	139,5	462,1	938,7	2137,5	8802,3

Fonte: PEREIRA, J.S. 2013.

ANEXO J – Erosividade da chuva\Estação Estrela do Sul (MJ.mm/ha.h.mês)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abril	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1981	2153,4	34,3	1694,6	166,9	44,5	140,2	22,6	0,0	0,0	1026,8	1235,5	1899,7	8418,5
1982	4312,6	352,4	3705,7	449,1	73,5	7,8	21,9	0,0	27,0	367,7	51,0	1586,9	10955,6
1983	4001,0	1914,4	809,3	1066,6	112,5	7,8	56,7	2,9	159,0	1116,0	924,9	1806,7	11977,6
1984	629,9	434,9	1186,6	494,8	144,8	0,0	0,0	130,1	242,4	136,9	1858,4	1391,7	6650,5
1985	5910,0	484,9	1303,3	39,1	16,0	0,0	0,0	0,0	180,3	228,6	694,7	891,0	9748,0
1986	1645,0	658,4	789,1	54,9	159,6	0,1	47,3	186,0	186,0	411,3	149,8	3845,7	8133,1
1987	1674,1	610,7	1268,1	511,0	15,9	19,0	2,3	18,6	124,7	689,4	879,6	2045,1	7858,6
1988	571,6	3558,0	806,4	283,2	97,4	33,9	0,0	0,0	23,7	659,0	504,2	1869,8	8407,1
1989	889,2	2608,0	690,7	158,8	43,0	10,6	116,3	21,5	32,5	265,8	1877,8	3875,5	10589,6
1990	433,8	1533,2	1513,0	24,4	55,2	0,0	63,4	64,2	133,9	636,5	621,5	983,7	6062,7
1991	2311,0	1095,4	2055,5	187,0	5,5	0,0	0,0	0,0	105,7	328,0	925,7	2252,1	9265,9
1992	4474,8	1621,9	205,2	239,0	41,7	0,0	0,0	28,5	382,3	1126,0	1267,3	1111,9	10498,7
1993	802,4	4150,9	41,4	296,8	1,7	87,8	0,0	68,4	97,7	168,6	470,3	2048,3	8234,4
1994	3054,3	320,7	1657,6	6,8	229,7	0,5	8,1	0,0	0,1	400,3	1166,3	2190,9	9035,4
1995	1126,5	2526,5	1016,0	254,8	1264,4	3,8	0,5	0,0	48,8	714,9	255,3	1885,8	9097,3
1996	1128,8	386,1	906,1	205,0	152,9	5,1	27,4	81,0	275,2	462,8	2205,7	898,4	6734,5
1997	2302,3	277,9	1335,5	170,2	11,0	235,3	0,0	0,0	64,2	689,8	1686,2	1312,7	8085,1
1998	2519,9	336,3	354,2	135,5	301,5	0,0	9,6	274,3	7,7	353,5	1258,2	549,8	6100,4
1999	2328,0	852,8	1701,2	23,4	0,2	6,0	0,9	0,0	69,7	158,7	1535,5	1136,7	7813,3
2000	2947,5	2068,5	1380,3	112,8	0,0	1,0	15,8	17,9	270,5	132,8	1375,4	1558,3	9880,9
2001	1127,9	291,5	570,7	38,9	80,9	1,4	0,0	69,1	21,0	509,5	1834,9	4355,2	8900,9
2002	1550,7	2902,9	1044,1	104,3	89,2	0,0	1,6	0,0	51,1	92,9	379,2	2556,6	8772,6
2003	5629,2	368,5	1334,8	279,1	31,7	0,0	0,0	2,8	548,5	173,2	612,5	2062,0	11042,3

Continuação

2004	2622,7	1932,4	1100,1	217,4	69,4	11,1	84,9	0,0	0,2	65,0	431,0	2845,7	9379,9
2005	1991,4	264,4	1287,2	262,2	50,1	21,5	0,0	11,9	73,8	143,4	2137,5	1819,5	8062,8
2006	699,1	954,7	1711,9	418,6	18,1	0,0	0,1	1,8	84,3	859,1	1298,6	2233,7	8280,0
2007	2312,2	1553,9	370,8	185,0	2,5	8,5	3,1	0,0	0,1	335,6	693,8	2395,2	7860,7
2008	724,2	2597,6	1540,8	395,7	66,1	11,6	0,0	0,0	83,9	398,5	450,6	3423,3	9692,2
2009	1352,9	546,2	834,6	284,2	53,6	47,8	1,4	26,8	482,3	690,9	243,1	2950,3	7514,1
2010	797,4	606,5	691,5	192,1	22,8	12,2	4,7	0,0	72,7	798,2	3623,9	1362,8	8184,8
2011	2028,4	322,1	3327,9	601,4	2,6	25,6	0,0	0,0	4,5	311,5	520,8	1632,0	8776,8
Média	2130,7	1231,2	1233,4	253,5	105,1	22,5	15,8	32,4	124,3	466,2	1070,0	2025,1	8710,1

Fonte: PEREIRA, J.S. 2013.

ANEXO K – Erosividade da chuva\Estação Cascalho Rico (MJ.mm/ha.h.mês)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1981	1137,7	60,2	1322,7	45,3	8,9	74,1	6,4	0,0	0,0	993,1	2847,7	2806,0	9302,0
1982	4236,1	265,2	3099,1	190,1	236,9	9,4	1,9	0,0	0,1	239,3	145,3	2166,6	10590,0
1983	3502,7	1622,1	2635,1	476,5	38,8	0,0	117,6	0,0	62,9	252,3	648,3	1539,7	10896,1
1984	337,2	276,4	726,5	1698,2	155,5	0,0	3,8	105,8	197,8	37,1	652,3	2131,7	6322,3
1985	5226,0	607,6	1714,7	49,7	18,0	0,0	0,0	0,0	92,5	491,2	506,6	1526,9	10233,3
1986	1920,5	1421,8	982,9	29,9	119,1	0,0	27,8	345,3	79,4	607,2	14,6	2219,9	7768,5
1987	418,5	800,7	1211,3	1017,5	54,8	134,9	11,8	6,4	1115,2	2373,9	3409,1	4211,8	14766,0
1988	1923,9	2285,6	1747,8	667,2	237,7	278,4	0,0	0,0	44,0	2954,9	1576,3	2173,7	13889,3
1989	1367,0	2119,0	1662,1	527,7	145,8	111,7	8,6	155,3	359,2	594,4	2764,6	4471,5	14287,0
1990	1267,4	721,8	1027,1	675,0	372,1	0,0	700,0	55,3	492,8	508,9	2372,7	1130,2	9323,4
1991	4298,3	4514,7	2569,4	181,9	93,5	0,0	0,0	0,0	80,2	1023,0	1062,1	1369,7	15192,9
1992	3877,4	2792,4	269,0	308,9	4,5	0,0	0,0	21,8	469,9	1016,1	1008,5	1362,6	11131,2
1993	768,5	2249,3	2001,9	267,1	0,9	59,7	0,0	73,4	505,6	106,6	798,9	2512,5	9344,5
1994	2189,7	685,2	1711,1	10,0	235,1	0,0	1,7	0,0	0,0	1787,5	1022,9	2117,5	9760,6
1995	1580,5	5662,8	904,1	224,7	720,9	0,0	0,0	0,0	147,4	373,1	561,8	1521,0	11696,2
1996	1759,4	406,0	1590,1	297,5	63,2	2,2	0,0	129,4	198,2	741,2	1644,6	820,8	7652,5
1997	3027,6	317,4	1165,7	95,8	23,8	219,8	0,0	0,0	11,0	748,2	2183,1	1196,8	8989,2
1998	2132,5	1010,8	484,6	182,2	392,9	0,0	0,0	93,1	21,7	281,6	1089,3	1358,2	7046,9
1999	1847,0	1063,4	3043,1	47,1	5,0	12,6	0,0	0,0	77,2	258,1	1086,3	840,6	8280,4
2000	2595,9	3204,7	2103,7	37,8	11,1	0,0	11,3	25,3	483,7	188,9	793,1	1178,0	10633,6
2001	661,7	299,2	1956,9	43,4	165,0	0,0	0,0	31,9	206,1	540,4	1397,5	2836,7	8138,9
2002	2409,1	2552,0	1274,0	2,6	127,1	0,0	0,0	0,0	127,1	223,2	169,1	1591,3	8475,4
2003	3563,7	468,3	1754,1	472,5	2,0	0,0	0,0	0,0	209,2	173,5	917,1	1978,7	9539,0

Continuação

2004	2638,5	3135,1	966,4	88,9	8,0	0,0	52,2	0,0	0,0	185,9	522,2	2238,8	9836,0
2005	7367,8	120,7	1898,9	301,8	62,3	16,0	0,0	4,8	43,3	23,3	1593,2	1617,6	13049,8
2006	952,2	703,4	1709,1	268,6	10,8	0,0	0,0	0,1	134,3	952,9	1669,5	2733,5	9134,4
2007	2751,2	1082,9	969,1	113,7	0,0	0,0	6,1	0,0	0,0	314,6	509,4	1439,5	7186,5
2008	1301,0	2217,3	1092,2	772,8	22,4	1,2	0,0	0,0	78,6	127,4	559,5	3225,8	9398,3
2009	2457,5	813,4	494,9	44,2	33,2	162,5	8,2	67,4	248,1	197,7	466,7	2056,6	7050,4
2010	1291,9	528,0	685,2	139,9	8,9	32,7	0,3	0,0	67,2	209,6	1860,2	3141,7	7965,6
2011	3164,9	217,0	3959,4	242,2	0,0	12,8	0,0	0,0	0,0	372,9	601,2	2941,9	11512,3
Média	2386,2	1426,6	1572,0	307,1	109,0	36,4	30,9	36,0	179,1	609,6	1175,9	2079,3	9948,1

Fonte: PEREIRA, J.S. 2013.

ANEXO L – Erosividade da chuva\Estação Uberlândia (MJ.mm/ha.h.mês)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abril	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1981	1578,2	373,2	839,2	98,1	25,7	173,8	0,0	0,0	0,3	741,0	1738,0	3483,4	9051,0
1982	4817,1	393,4	1665,5	307,6	177,6	70,4	22,7	77,4	31,8	737,8	928,2	2339,6	11568,9
1983	2538,9	1105,9	1072,1	259,4	73,1	4,5	109,9	0,4	407,1	1173,3	1127,8	1832,4	9704,9
1984	1146,0	317,9	1546,9	387,2	121,4	0,0	0,0	131,3	90,8	284,5	1130,5	2113,4	7269,9
1985	5135,1	430,2	1855,5	238,2	32,3	0,0	0,0	0,0	40,9	196,9	682,3	1590,8	10202,1
1986	1181,4	873,0	787,4	367,7	52,3	0,0	0,7	128,8	98,8	517,6	412,2	4838,3	9258,2
1987	1432,1	1108,4	852,9	395,8	55,5	11,6	0,0	0,0	87,6	173,0	1855,4	2556,2	8528,6
1988	878,5	1847,1	1571,5	697,1	104,5	4,5	0,0	0,0	101,9	522,9	475,1	2163,4	8366,5
1989	1345,8	1584,1	575,6	116,9	2,5	0,0	161,5	40,5	232,1	79,1	2242,4	1748,6	8129,1
1990	597,7	946,3	492,3	63,4	288,9	0,0	143,4	116,7	186,5	536,6	1126,8	1000,4	5498,9
1991	2559,2	1377,5	3478,2	802,9	3,2	0,0	0,0	0,0	80,6	233,9	402,6	1407,9	10345,9
1992	2517,2	2373,9	370,1	404,0	95,5	0,0	0,0	3,1	223,5	563,0	2186,8	1722,4	10459,6
1993	870,4	1735,3	575,8	393,3	57,5	215,9	0,0	28,0	242,7	1012,1	346,4	3280,0	8757,4
1994	2769,0	612,4	2296,3	47,9	75,5	9,9	9,9	0,0	6,9	563,5	852,4	2412,9	9656,5
1995	1748,7	3122,1	1317,0	149,8	471,9	2,1	0,7	0,0	35,2	183,2	543,7	1936,2	9510,6
1996	1860,6	633,5	925,3	96,4	162,3	9,1	6,6	6,7	409,4	224,6	1701,5	2018,3	8054,3
1997	1716,2	494,4	2593,9	473,9	70,5	353,9	0,0	0,0	60,7	229,4	1760,2	1848,4	9601,6
1998	734,6	877,7	402,8	199,4	179,5	39,8	0,0	329,9	3,7	1109,8	1010,3	2346,7	7234,2
1999	2063,6	1086,2	923,2	130,4	14,1	10,7	0,0	0,0	195,9	197,9	1684,1	1386,6	7692,8
2000	2140,9	1561,8	3159,0	129,1	0,0	0,3	11,0	9,0	693,0	3,7	672,7	2189,1	10569,4
2001	2168,8	423,0	743,5	31,1	229,4	0,5	0,0	62,0	316,8	508,3	1119,8	2517,8	8120,9
2002	2295,6	2222,2	416,7	145,7	31,7	0,0	0,5	0,0	164,9	114,0	1233,0	2464,4	9088,6
2003	4777,0	337,2	1969,4	341,5	171,4	0,0	0,4	1,5	82,6	192,7	1285,4	859,8	10019,0

Continuação

2004	1863,3	1627,4	795,3	764,2	10,9	18,8	42,0	0,0	1,7	591,4	606,0	2420,8	8741,8
2005	3607,2	196,3	1789,4	39,3	123,8	112,1	0,0	26,1	74,5	157,6	1509,5	1267,5	8903,2
2006	979,1	848,2	1355,7	304,5	5,0	5,0	0,0	19,0	341,6	1417,6	1317,6	3263,7	9856,8
2007	3238,7	1317,7	148,9	68,7	14,4	47,4	84,2	0,0	46,0	449,8	1450,6	2408,5	9274,9
2008	1405,5	1510,8	1339,3	1472,0	249,3	8,9	0,0	0,1	24,4	626,0	158,2	2441,7	9236,2
2009	1678,5	1172,2	421,0	234,9	179,5	9,5	9,5	34,4	409,9	328,2	567,4	2652,4	7697,4
2010	965,1	803,3	363,0	366,1	13,9	17,6	0,8	0,0	141,3	723,5	1931,3	2069,8	7395,6
2011	1428,7	1085,4	2123,3	806,9	3,9	25,8	0,0	0,0	0,0	618,3	546,6	1618,4	8257,3
Média	2065,8	1109,6	1250,5	333,3	99,9	37,2	19,5	32,7	155,9	484,2	1116,3	2200,0	8904,9

Fonte: PEREIRA, J.S. 2013.

ANEXO M – Banco de dados granulométricos – Laboratório de Geomorfologia e Erosão dos Solos (LAGES)

Pontos de coleta	Latitude	Longitude	Profundidade	Argila %	Silte%	Areia Fina %	Areia Grossa %
P1	18°51'11,64" S	48°8'13,13" O	40 cm	58,60	04,00	15,50	21,90
P2	18°50'49,92" S	48°8'0,82" O	40 cm	67,30	12,00	10,70	10,00
P3	18°50'13,48" S	48°7'44,60" O	40 cm	70,00	16,00	07,70	06,30
P4	18°49'52,90" S	48°6'26,52" O	40 cm	38,70	12,00	24,50	24,80
P5	18°54'33,84" S	48°11'30,10" O	20 cm	79,00	5,00	4,80	10,6
P6	18°52'41,77" S	48°9'43,41" O	20 cm	74,52	4,90	6,52	13,88
P7	18°50'20,28" S	48°8'28,96" O	20 cm	34,4	2,62	36,05	26,30
P8	18°49'56,88" S	48°9'14,82" O	20 cm	18,66	2,70	44,35	34,10
P9	18°49'4,95" S	48°8'25,78" O	20 cm	22,00	2,00	46,90	29,30
P10	18°48'46,53" S	48°8'28,13" O	20 cm	16,20	3,00	29,85	50,00

Fonte: LAGES. Org.: PEREIRA, J.S. 2013.