FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
NÚCLEO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO EM GEOGRAFIA
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

MICHEL WATANABE

ANÁLISE INTEGRADA DA PAISAGEM DA BACIA DO RIO MUTUM-PARANÁ

PORTO VELHO – RO
2011

MICHEL WATANABE

ANÁLISE INTEGRADA DA PAISAGEM DA BACIA DO RIO MUTUM-PARANÁ

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Mestrado em Geografia – PPGG, da Universidade Federal de Rondônia. Linha de Pesquisa: Meio Físico e Desenvolvimento Sustentado

Orientador: Prof. Dr. Dorisvalder Dias Nunes

PORTO VELHO – RO

2011

Watanabe, Michel.
W324a

Análise integrada da paisagem da bacia do rio Mutum-Paraná. / Michel Watanabe. Porto Velho, Rondônia, 2011.
107f.: il.

Dissertação (Mestrado em Geografia) – Núcleo de Ciências Exatas e da Terra (NCET), Programa de Pós-Graduação Mestrado em Geografia, Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, Rondônia, 2011.

Orientador: Prof. Dr. Dorisvalder Dias Nunes.

1. Paisagem. 2. Bacia Hidrográfica. 3. Erosão Geossistema. 4. EUPSR. I. Título.

CDU: 911.2(811.1)

Bibliotecária Responsável: Eliane Gemaque / CRB 11-549

Michel Watanabe

ANÁLISE INTEGRADA DA PAISAGEM DA BACIA DO RIO MUTUM-PARANÁ

BANCA EXAMINADORA

_____

Prof. Dr.
Dorisvalder Dias Nunes
Orientador

_____

Prof. Dr.
Eliomar Pereira da Silva Filho
Examinador Interno

_____

Prof. Dr.
Vanderley Rodrigues Bastos
Examinador Externo

_____

Prof. Drª.
Ana Cristina Strava Correa
Examinadora Externa

Dedico este trabalho à toda minha família sempre presentes em minha vida.

À minha esposa pelo amor e carinho.

Agradecimentos

Agradeço à DEUS em primeiro lugar. À minha família que me apóia em todos os momentos. Agradeço especialmente à minha mãe Tereza pelo afeto e amor e ao meu pai Lauro pelo apoio em todas as horas que precisei durante esse processo, e que nunca hesitou em ajudar. Agradeço às minhas tias Marli e Neuza, que são minhas outras mães, e que estão sempre ao meu lado, determinadas a colaborar no meu desenvolvimento. Agradeço também ao meu irmão Sérgio que muitas vezes me fez rir e sempre quis o meu bem.

Agradeço à minha esposa (princesa) Gizélia Ávila que me proporciona os melhores anos de minha vida com muito amor, amizade e carinho, sempre presente nos momentos bons e ruins, e que ao meu lado está constituindo uma grande família.

Ao meu orientador e amigo Prof. Dorisvalder, agradeço-o pelos conselhos, pela paciência, pela confiança e pelas responsabilidades. À minha Co-orientadora e grande amiga Profª Tatiane Checchia pela ajuda e amizade, e também ao Prof. Paulo, seu esposo, que dedicou parte do seu tempo a me ajudar.

À minha pequena grande amiga Luciana Riça agradeço pela amizade sincera, companheirismo e por todas as vezes que me fez e faz sorrir.

Às minhas grandes amigas Mirtilene Lopes e Aldina Gomes pela amizade, confiança, discussões e ótimos momentos de distração.

Aos amigos Diego Lus, Janielson Lima, e Roseane Pereira, agradeço pela ajuda. E também aos outros colegas que participaram de forma indireta no desenvolver do trabalho.

Agradeço com toda a sinceridade e desejo que todos sejam contemplados com muita felicidade.

"Uma vida sem desafios não vale a pena ser vivida."

Sócrates

Resumo

Diante do aumento significativo das transformações da paisagem na região amazônica o que tem acarretado inúmeros problemas ambientais, tem-se a justificativa de desenvolvimento sustentável em regiões que naturalmente são bastante susceptíveis. Desse modo, são necessárias informações voltadas para as diversas variáveis ambientais a fim de compreender a dinâmica de cada região, que por sua vez, apresentam peculiaridades que são únicas no espaço e no tempo. A proposta de análise das transformações da paisagem visa o planejamento ambiental da bacia do rio Mutum-Paraná-RO, na qual as unidades de paisagem identificadas vem sofrendo forte processo de degradação devido à ocupação e exploração dos recursos naturais e, em virtude de a bacia ser impactada diretamente por meio dos empreendimentos hidrelétricos do rio Madeira, faz-se necessário um estudo mais aprofundado referente aos aspectos físicos da região, servindo de modelo e/ou suporte para outras bacias hidrográficas que estão ou poderão vir a passar por processos similares. Para tanto, foi utilizado o método de análise da paisagem desenvolvida por George Bertrand em 1972, que ao analisar a paisagem, congregou vários elementos físicos, além de outras variáveis, tais como: o território e o geossistema. E a fim de quantificar o geossistema e mensurar a erosão hídrica da bacia utilizou-se a Equação Universal de Perda de Solo Revisada – EUPSR, na qual resulta na estimativa anual de perda de solo, e sua vantagem é por se tratar de uma modelagem completa, que necessita de parâmetros estatísticos e equações matemáticas que garantem boa precisão nos resultados. Assim, para cada unidade de paisagem foram identificadas e discutidas suas características, verticalizando o estudo, no que diz respeito ao índice de degradação, proporcionando a compreensão dos problemas no processo de Erosão Acelerada, resultante de desequilíbrios causados pela sociedade no sistema natural da região. Os valores de perda de Solo por Erosão Hídrica calculados para a referida bacia foram de 0,937 ton/ha.ano, sendo dez vezes menor que o potencial natural de perda de solo, o que indica que o uso da terra atual é muito prejudicial ao sistema natural local e que a tendência futura projetada poderá trazer prejuízos ambientais irreversíveis.

Palavras-Chave: Paisagem, Bacia Hidrográfica, Erosão Geossistema e EUPSR.

Abstract

Given the significant increase of landscape transformations in the Amazon region which has caused many environmental problems, we have the justification for sustainable development in regions that are naturally very vulnerable. Thus, information directed to several environmental variables are necessary in order to understand the dynamics of each region, which in turn, present peculiarities that are unique in space and time. The analysis proposal of landscape transformations aim at the environmental planning of the river basin Mutum-Paraná-RO, in which the indentified landscape units has been suffering strong degradation process due to the occupation and exploitation of natural resources and in account of the basin be directly impacted by means of Madeira River hydroelectric dams, it is necessary a thorough study concerning the physical aspects of the region, serving as a model and / or support for other watersheds that are or may go through similar processes. For this purpose, it was used the analysis method of the developed landscape by George Bertrand in 1972 that when analyzing the landscape, brought together several physical elements and other variables, such as: the territory and geossystem. And in order to quantify the geossystem and measure the basin water erosion it was used the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE), which results in the annual estimation of soil loss, and its advantage is because it is a complete shaping, which requires statistical parameters and mathematical equations that ensure good accuracy in the results. Thus, for each landscape unit it were identified and discussed its characteristics, verticalizing the study, regarding to the rate of degradation, providing an understanding of the problems in the accelerated erosion process, resulting from imbalances caused by society in natural systems of the region. The values of soil loss by water erosion calculated for the referred basin were 0.937 ton/ha a year, being ten times smaller than the natural potential of soil loss, which indicates that the current land use is very harmful to the natural local system and that the projected future trend may bring irreversible environmental damage.

Keywords: Landscape, Watershed, Erosion, Geossystems and RUSLE.

Índice

Introdução 14
Capítulo 1 - Relevância do Estudo 16
Capítulo 2 - Análise da Paisagem: O desenvolvimento na Geografia 19
2.1 Sobre os Geossistemas 22
2.2 Elementos Naturais para a Evolução da Paisagem 24
2.3 Processos Erosivos (Modelagem do relevo) 25
Capítulo 3 – Localização e Caracterização da Área de Estudo 27
3.1 Geologia 28
3.2 Clima 29
3.3 Geomorfologia 29
3.4 Solos 30
3.5 Vegetação 31
3.6 Contextualização do Processo de Ocupação da área de estudo 32
Capítulo 4 - Materiais e Métodos 37
4.1 Materiais 37
4.2 Procedimentos Metodológicos 38
4.2.1 Aquisição e análise dos dados geográficos 38
4.2.2 Uso da Terra 39
4.2.3 Aquisição e Georreferenciamento das imagens de satélite 40
4.3 Análise da Paisagem sob a óptica Bertrandiana 41
4.3.1 Unidades Superiores da Paisagem 41
4.3.2 Unidades Inferiores da Paisagem 42
4.4 Equação Universal de Perda de Solo Revisada - EUPSR 44
Capítulo 5 - Resultados Preliminares 50
5.1 Unidades Superiores 50
5.2 Unidades Inferiores: Geossistemas e EUPSR 52
5.2.1 Potencial Ecológico dos Geossistema: Fator Chuva 52
5.2.2 Geomorfologia: Fator Topográfico – LS 56
5.2.3 Exploração Biológica: Fator Solos 59
5.2.4 Ação Antrópica: Fator Cobertura Vegetal 61
5.2.5 Fator Manejo dos Solos 63
5.3 Potencial Natural de Erosão – PNE 63

5.4 Perda de Solo Atual – A 66
5.5 Cenário Simulado (Floresta) 70
5.6 Cenário Simulado (Pastagem) 73
5.7 Unidades de Paisagem 76
5.7.1 Unidade de Paisagem I 78
5.7.2 Unidade de Paisagem II 80
5.7.3 Unidade de Paisagem III 80
5.7.4 Unidade de Paisagem IV 81
5.7.5 Unidade de Paisagem V 84
5.7.6 Unidade de Paisagem VI 85
5.8 Potencialidade e Planejamento 86
Considerações Finais 90
Referências 92
Anexos 99

Lista de Figuras

Figura 01: Localização da bacia do rio Mutum-Paraná 27
Figura 02: Projetos de Assentamento da bacia do rio Mutum-Paraná 35
Figura 03: Esboço metodológico de Bertrand 43
Figura 04: Fluxograma dos Procedimentos Metodológicos Adotados 49
Figura 05: Cartograma correspondente à Erosividade Média Anual 55
Figura 06: Cartograma correspondente ao Fator Topográfico – LS da bacia do rio Mutum-Paraná 57
Figura 07: Quantificação da Topografia 58
Figura 08: Quantificação dos tipos de solo na bacia do rio Mutum-Paraná 59
Figura 09: Cartograma correspondente à Erodibilidade dos solos 60
Figura 10: Cartograma do Uso e Cobertura da bacia 62
Figura 11: Cartograma correspondente ao Potencial Natural de Erosão da bacia 65
Figura 12: Taxa do Intervalo de Perda de Solo do Potencial Natural de Erosão da bacia 66
Figura 13: Cartograma da Perda de Solo Anual - A da bacia (Cenário Atual) 68
Figura 14: Taxa do Intervalo de Perda de Solo Real da bacia 69
Figura 15: Cartograma do Cenário Simulado Floresta da bacia 71
Figura 16: Taxa do Intervalo de Perda de Solo do Cenário Simulado Floresta da bacia 72
Figura 17: Cartograma do Cenário Simulado Pastagem da bacia 74
Figura 18: Taxa do Intervalo de Perda de Solo do Cenário Simulado Pastagem da bacia 75
Figura 19: Cartograma de Unidades de Paisagem da bacia 77
Figura 20: Paisagens do Cenário Atual da bacia da UP I 79
Figura 21: Paisagens do Cenário Atual da bacia da UP III 81
Figura 22: Paisagens do Cenário Atual da bacia da UP IV 82
Figura 23: Paisagens do Cenário Atual da bacia da UP V 84
Figura 24: Paisagens do Cenário Atual da bacia da UP VI 85
Figura 25: Cartograma de Unidades de Paisagem da bacia confrontado com o ZSEE de Rondônia 87

Lista de Quadros

Quadro 01: Valores de Erodibilidade Adotados 45

Quadro 02: Estações Pluviométricas próximas à área de estudo 45

Quadro 03: Valores adaptados do Fator C (Uso e Cobertura Vegetal) 48

Quadro 04: Classes de Erosividade 53

Quadro 05: Erosividade Mensal calculada para a bacia 53

Lista de Siglas e Abreviaturas

ANA –Agência Nacional de Águas

APP – Área de Preservação Permanente

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

EUPSR - Equação Universal de Perda de Solo Revisada

INCRA - Instituto Nacional de Colonização E Reforma Agrária

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

LANDSAT-TM - Land Remote Sensing Satellite- Thematic Mapper

PA – Projeto de Assentamento

PAD – Projeto de Assentamento Dirigido

PIC – Projetos Integrados de Colonização

PLANAFLORO - Plano Agropecuário e Florestal de Rondônia

PNE – Potencial Natural de Erosão

POLONOROESTE - Programa de Desenvolvimento Integrado para o Noroeste do Brasil

RADAMBRASIL - Sigla de um projeto cujo primeiro objetivo foi conhecer a realidade cartográfica e os recursos naturais da Amazônia. Foi criado em 1970, no contexto do Programa de Integração Nacional (PIN), com o nome de Comissão de Levantamento Radagramétrico da Amazônia (CRADAM). Mais tarde, em 1975, tendo a área do projeto se extendido para todo o território brasileiro, passou a chamar-se Comissão Executora do Projeto RADAMBRASIL

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SRTM - Shuttle Radar Topography Mission

UP – Unidade de Paisagem

Introdução

A água é um dos principais elementos do sistema ambiental essencial à existência humana, grande modeladora das paisagens, podendo ser considerada o elemento mais dinâmico da paisagem que permeia os demais elementos do meio natural, sendo assim, reguladora do ritmo dos processos no sistema ambiental.

Desde 1965, por meio da Lei 4771 de 15 de setembro de 1965 que versa sobre a manutenção das florestas, tem-se observado certa preocupação por parte da nação brasileira aos recursos naturais, bem como, o crescimento de diversos estudos em torno da temática biodiversidade. Atualmente, observa-se uma maior preocupação de algumas nações com a disponibilidade de recursos naturais para a manutenção do sistema econômico. Estes recursos orientam a economia independentemente de sua origem, sendo interessante à sua disponibilidade certa qualidade e quantidade próxima aos centros produtores, aumentando a possibilidade do sistema em alcançar a sustentabilidade.

No entanto, a intervenção humana, por meio de atividades agrícolas inadequadas, propicia a redução da infiltração de água no solo e, por conseguinte, o aumento do escoamento superficial, desencadeando, muitas vezes, fluxo torrencial sob fortes chuvas favorece o desenvolvimento dos processos de erosão do solo que confere maior carga sedimentar ao fluxo de água nos canais, tais como: menor quantidade de água para consumo e problemas de infra-estrutura dos núcleos urbanos.

A bacia hidrográfica do Mutum-Paraná é uma sub-bacia do Rio Madeira, localizada à noroeste do estado de Rondônia, onde os principais problemas são a pressão antrópica com a retirada da floresta e a implantação de atividades agropecuárias com técnicas rudimentares, acarretando impactos sobre o meio ambiente. Tais atividades intensificam o processo de erosão dos solos e, conseqüentemente, promovem transtornos para a própria sociedade.

A ocupação da bacia em questão intensifica-se a partir da implantação dos Projetos Integrados de Colonização - PICs e Projetos de Assentamento Dirigido - PADs projetados para a região, a fim de subsidiar parte da política nacional da época. O principal e mais antigo PIC que tem influencia direta na região é o Sidney Girão, implantado em 1971.

O objetivo geral da pesquisa consiste em analisar as transformações da paisagem pelo processo de ocupação humana para fins do planejamento ambiental da bacia do rio Mutum-Paraná. Os objetivos específicos consistem em analisar os elementos da paisagem correlacionando-os, para definir os níveis de fragilidade ambiental, utilizando-se como base o Geossistema e a Equação Universal de Perda de Solo Revisada – EUPSR; Identificar e contextualizar o processo de ocupação da bacia e correlacionar os níveis de fragilidade, e quantificar a perda de solo por erosão hídrica a partir do uso da terra.

Para a realização do projeto e cumprimento dos objetivos propostos foi utilizado o método de análise da paisagem sob a ótica de George Bertrand, que analisa não somente a paisagem em si, mas, congrega outras categorias geográficas, tais como: o território e o geossistema. Bertrand integra e correlaciona vários elementos que ajudam a entender o ambiente de modo a proporcionar uma melhor análise integrada dos elementos da paisagem no âmbito da bacia referida.

Para a mensuração da erosão hídrica da bacia utiliza-se a Equação Universal de Perda de Solo Revisada – EUPSR, a qual resulta na estimativa anual de perda de solos e sua vantagem é por se tratar de uma modelagem que necessita de parâmetros estatísticos e equações matemáticas que garantem boa precisão nos resultados, além de necessitar de dados de fácil acesso, empregando equações empíricas. Para a realização dos procedimentos estatísticos e de ilustração gráfica foram utilizados Sistemas de Informações Geográficas – SIGs, o que permitiu uma maior precisão nos resultados obtidos.

Desse modo, ao desenvolver esse projeto de pesquisa propôs-se a caracterização do meio físico juntamente com o mapeamento de uso e cobertura da terra que teve como base o projeto "Vulnerabilidade Natural à Erosão da Bacia do rio Mutum-Paraná", aprovado junto ao CNPq, Edital MCT/CNPq/CT-Amazonia nº 55/2008 – Amazônia Ocidental. E, sistematicamente, propôs-se as cartas de erosividade da chuva, de erodibilidade do solo, declividade, o potencial da Perda de Solo, a Perda de Solo Real e, finalmente, a determinação das Unidades de Paisagem da bacia.

Capítulo 1

Relevância do Estudo

A Amazônia passou por grandes processos de transformações, onde grandes investimentos, tanto da União como de fundos internacionais, subsidiaram o crescimento dos núcleos urbanos em caráter estrutural e do contingente populacional. Mas, é a partir da década de 1970 que o processo de colonização efetiva-se notoriamente, com a vinda de um grande fluxo de pessoas com a finalidade de se estabelecer e promover a agricultura de pequeno porte. Nesse período o planejamento promovido pelo INCRA era o que norteava as famílias, ou seja, distribuía a população no espaço que julgava ser correto e/ou justo.

O presente estudo visa contribuir de forma integrada para o entendimento da relação homem-natureza, sem enfoque determinista e de compreensão dos fenômenos para melhor planejar e executar alternativas que melhorem a qualidade de vida da sociedade.

A bacia do rio Mutum - Paraná vem sofrendo forte processo de degradação devido à ocupação e exploração dos recursos naturais. Em virtude de a bacia sofrer impacto direto por meio dos empreendimentos hidrelétricos do rio Madeira, faz-se necessário um estudo mais aprofundado referente aos aspectos físicos da região, servindo de modelo e/ou suporte para outras bacias hidrográficas que estão ou poderão passar por processos similares. Por isso optou-se por uma análise integrada ao considerar as afirmativas de Christofoletti (1980) que destacou o caráter sistêmico da bacia hidrográfica caracterizado-a como um sistema aberto, recebendo influência de outros subsistemas como o substrato geológico, pedológico e climatológico.

Parte-se da premissa de que a bacia hidrográfica é utilizada tanto como unidade de análise quanto como unidade de gestão. Onde o primeiro caso apresenta um caráter eminentemente técnico-científico, e o segundo um caráter eminentemente político administrativo.

Uma bacia hidrográfica constitui uma unidade hidrológica natural, apresenta-se como a unidade mais lógica para o planejamento dos recursos hídricos, pois permite o foco direto nesse recurso e detém uma visão de conjunto dos problemas que os afetam (MARTINS, 2005).

A adoção e utilização da bacia hidrográfica como unidade de planejamento formal ocorreu nos Estados Unidos em 1933 e começou a vigorar na América Latina no fim dos anos 40, estando diretamente relacionada com grandes obras de engenharia hidráulica (BOTELHO, 1999).

A bacia hidrográfica é uma unidade de investigação antiga no campo da Geografia Física e é definida pela área da superfície terrestre drenada por um rio principal e de seus tributários, sendo limitada pelos divisores de água, compostas por microbacias e diferentes ecossistemas. Seus limites territoriais quase sempre não coincidem com as delimitações político-administrativas dos municípios, de modo que uma mesma bacia pode ser compartilhada por diferentes países, estados ou municípios (CUNHA & CUNHA, 2003).

A transformação do relevo por meio da ação antrópica causa em pouco tempo, a modificação da paisagem, afetando diretamente a biota, a qualidade das águas e dando novos dinamismos ao espaço, muitas vezes reconfigurando-os, perdendo a originalidade e a capacidade de determinadas funções.

Alguns trabalhos já davam conta da complexidade socio-ambiental da área de estudo quando enfatizaram as questões sociais, econômicas e ambientais da região estudada, com destaque para a questão da Hidrovia Madeira-Amazonas, que se estabelece para superar os limites e ligar os eixos de transporte e suas demandas econômicas que são de escala nacional e mundial, conforme defendido por NUNES (2004).

A inserção de novos projetos na Amazônia, sobretudo na década de 90, onde todas as políticas de orientação tendem a se tornar mais conservadoras, derivam de um significado (cada vez mais) que imprime ações sociais em suas relações sociais. O ambiente amazônico em significados de utilização transforma-se em função dos significados que são expressos em função da dinâmica que a sociedade impõe (SILVA *et. al.*, 2008).

Partindo do pressuposto de que a bacia pode ser a principal unidade de gestão, tornando possível um melhor gerenciamento e aproveitamento dos recursos disponíveis, a análise integrada dos problemas que a região do alto rio Madeira vem sofrendo e que acarretam uma nova dinâmica socioambiental e contradições no uso da legislação ambiental vigente, justifica-se a empreitada de estudos mais aprofundados à respeito do meio ambiente e da organização espacial que se instalou na região.

Dependendo de cada regime hídrico, os processos de desagregação das rochas e o transporte de materiais pela água são influenciados por atividades bióticas e antrópicas que podem aumentar ou diminuir a quantidade desses processos e os materiais na água, bem como o regime do fluxo de água que afeta diversos *habitats*, ou seja, a água permeia os demais elementos do meio natural regulando o ritmo dos processos no sistema ambiental.

A intervenção humana, por meio de atividades agrícolas, propicia a redução da infiltração de água no solo e, por conseguinte, o aumento do fluxo superficial, desencadeando, muitas vezes, o fluxo torrencial sob fortes chuvas. Esses fatores acabam favorecendo a instalação de processos de erosão do solo que confere maior carga sedimentar ao fluxo de água no canal.

Na Amazônia, o risco de erosão é considerável devido aos temporais intensos e às pesadas chuvas. Muitos solos da Amazônia são arenosos e altamente erosionáveis, onde após a derrubada da floresta a matéria orgânica e a fertilidade do solo decaem rapidamente tornando-o improdutivo (BIGARELLA, 2003).

Fearnside (1993) realizou na região Amazônica medições que puderam estimar perdas de solo em floresta primária, pastagens, capoeira, terrenos de cultura, bem como em solo nu, o que pode-se destacar a preocupação com a erosão dos solos na Amazônia.

Capítulo 2

Análise da Paisagem: O desenvolvimento na Geografia

A definição do conceito de paisagem introduzido de forma científica deu-se primeiramente por Alexander Van Humboldt por volta de 1769 a 1859. Essa definição se referia como significância de "característica total de uma região terrestre". O termo paisagem (*Landschaft*), descrito e interpretado na língua alemã, contém uma conotação geográfico-espacial no prefixo '*land*', o que difere da paisagem com significado de cenário encontrado nas artes e na literatura (METZGER, 2001).

De acordo com Tricart (1982) é a partir do neopositivismo e da abordagem sistêmica que a paisagem é considerada como categoria de análise concreta, tendo a possibilidade de representação cartográfica, tornando mais precisos os estudos.

A ciência da paisagem tem gênese no período de 1850-1920, desenvolveu-se entre 1920-1930 com grande enfoque biogeomorfológico e estabelece-se, de fato, entre 1930 e 1955 com a concepção Físico-Geográfica. No período de 1955-1970 têm-se uma análise estrutural-Morfológica e a partir de 1970 até a atualidade temos um enfoque na análise funcional, com métodos sistêmicos e quantitativos (HAUCK, 2009).

Entretanto, algumas concepções das escolas soviéticas e alemãs convergiam, primordialmente, no que diz respeito à questão naturalista, fazendo com que os estudos tomassem a mesma trajetória durante algum tempo, mas, que ao decorrer das pesquisas fossem incorporando ou eliminando parâmetros para a análise da natureza. Com a junção das escolas alemãs e soviéticas, ou seja, respectivamente entre Humboldt e Dokoutchaev, forma-se uma forte coalizão voltada para o princípio da biofísica, quase que completamente voltada para a questão dos elementos físicos, o que culminavam em muitas críticas por pesquisadores que consideravam as questões sociais e políticas como sendo parte da análise integrada da paisagem.

Mudando radicalmente essa visão totalmente naturalista, a escola francesa, que enfocava principalmente a questão sócio-Cultural com Max Sorre, deixou de lado boa parte do quesito quantitativo da análise da paisagem. O princípio da ciência continuava sendo voltado para o homem, o que tornam as pesquisas ainda mais qualitativas e retóricas.

Mas, o desenvolvimento teórico da Geografia das Paisagens como ciência foi realizado na então Rússia Czarista e posteriormente na Rússia Soviética pelos

seguidores de Dokuchaev, e em particular pelos cientistas russos L. S. Berg; P. I. Abolin, A. A. Borzov, G. N. Visotski, G. P. Morosov e S. S. Neutreiev (RODRIGUEZ, 1984).

No início do século XX, a obra de Passarge intitulada: "Fondements de La landschaftskunde", torna-se a referência do estabelecimento das bases da ciência da paisagem, sob uma perspectiva territorial e cientificamente analisada. (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Segundo Passarge (1924), a paisagem é o palco dos animais e dos homens, onde o autor reconhece no relevo, clima, vegetação, tipos de solo um objeto, enquanto que em relação a animais e homens, somente uma relação de dependência. Passarge coloca clima e vegetação em destaque e analisa os fenômenos deles dependentes de maneira comparativa e tipológica.

A partir do desenvolvimento da Teoria Geral dos Sistemas desenvolvida por Ludwing von Bertalanffy em 1937, o conceito de Sistema foi se incorporando ao conceito de Paisagem, deixando de ser meramente esboçada qualitativamente, passando a ter dados quantitativos e sistemáticos dos elementos naturais. Por sua vez, a teoria geral dos sistemas é definida como uma ciência geral da totalidade, podendo ser considerada como uma disciplina lógico-matemática indicando alguns propósitos: a) há uma tendência geral no sentido da integração nas várias ciências, naturais e sociais; b) esta integração centraliza-se em uma teoria geral dos sistemas; c) esta teoria pode ser um importante meio para alcançar uma teoria exata nos campos não físicos da ciência; d) desenvolver princípios unificadores que atravessam verticalmente o universo das ciências individuais e; e) condução à integração necessária na educação científica. (BERTALANFFY, 1993).

A paisagem é, de fato, o conjunto de inter-relações entre a natureza e o homem. Não se pode considerar uma paisagem sem o homem e suas interferências. Pensando de maneira sistêmica, Bertrand (1972a) procurou reforçar a importância da visão integrada (holística), procurando talhar diretamente a paisagem global tal qual ela se apresenta. Desse modo, um dos conceitos de paisagem mais utilizado é o de Bertrand, onde o mesmo define como:

> Uma determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução. (BERTRAND, 1972a, p.29).

A Paisagem também pode ser entendida como um sistema territorial composto de componentes naturais, e também complexos de diversas faixas taxonômicas. E segundo esta concepção, as paisagens se dividem em três grandes níveis de acordo com sua complexidade e dimensões: o nível planetário, o regional e o local (MATEO RODRIGUEZ, 2000).

Sauer (1998), define paisagem como sendo "uma área composta por associação distinta de formas, ao mesmo tempo físicas e culturais, onde sua estrutura e função são determinadas por forma integrantes e dependentes", ou seja, a paisagem corresponde a um organismo complexo, feito pela associação específica de formas e apreendido pela análise morfológica, ressaltando que se trata de uma interdependência entre esses diversos constituintes, e não de uma simples adição, e que se torna conveniente considerar o papel do tempo.

Novas abordagens para o conceito de paisagem são construídas, juntamente com a análise sistêmica e adaptação da geografia. Tricart (1977), traz o conceito de paisagem integrada como sendo o resultado da interação do geossistema (elementos, estrutura e dinâmica) com sua localização espacial e temporal.

Bólos (1981), define a paisagem integrada como sendo uma área geográfica, unidade espacial, cuja morfologia agrega uma complexa inter-relação entre litologia, estrutura, solo, flora e fauna, sob a ação constante da sociedade, que a transforma. Corresponde, portanto, ao espaço geográfico onde as intervenções da sociedade alteram-se ao longo do tempo e sua dinâmica e evolução são determinadas por processos históricos naturais.

Apesar dos estudos da paisagem parecerem superficiais e/ou horizontais, não se restringem apenas ao resultado (o visível, ou as formas de relevo), mas, para compreendê-la como um todo é indispensável o entendimento do sistema, considerando as questões ambientais, sociais, políticas e econômicas.

Entretanto, para entender a paisagem é imprescindível o entendimento dos elementos físicos que modelam naturalmente as formas de relevo e que dão o chamado equilíbrio dinâmico ao sistema. Esse equilíbrio é dinâmico e é marcado por trocas permanentes de matéria e energia, entre o meio físico e os seres vivos, que estabelecem interações e articulações que definem processos ecológicos extremamente complexos de funcionamento, interdependência e evolução (ROSS, 1994).

Monteiro (2000), trata do termo paisagem e o define como sendo:

> Entidade espacial delimitada segundo um nível de resolução do geógrafo (pesquisador), a partir dos objetivos centrais da análise, de qualquer modo sempre resultando da integração dinâmica e, portanto, instável dos elementos de suporte, forma e cobertura (físicos, biológicos e antrópicos) e expressa em partes delimitáveis infinitamente, mas individualizadas através das relações entre elas, que organizam um todo complexo (sistema), verdadeiro conjunto solidário e único, em perpétua evolução (MONTEIRO, 2000, p. 39)

O conhecimento das paisagens e de seus atributos torna-se importante e permite determinar as potencialidades e limitações de uso e ocupação em diferentes zonas, adequação a edificações, suscetibilidade à erosão, adequação ao uso do solo, visando, dessa forma, orientar a tomada de decisões para o planejamento ambiental das áreas.

2.1 Sobre os Geossistemas

Alguns autores podem ser citados no desenvolvimento do Geossistema, tais como: Sotchava (1962), Strahler (1952), Bertrand (1972), Chorley *et. al.*, (1971), Terjung (1976) e Christofoletti (1999). Entretanto, os que se destacam nessa linha de abordagem são dois: Sotchava e Bertrand, considerados de extrema importância para o desenvolvimento da concepção geossistêmica. O primeiro foi responsável pelo termo Geossistema, no entanto, a teoria foi difundida por meio do trabalho de Bertand.

Para entender sobre Geossistema faz-se necessário o entendimento de conceitos pré-definidos, como é o caso dos Sistemas. Desse modo, deve-se entender o sistema como união de várias partes, sendo formado por vários elementos. Um sistema não se sustenta isolado, fazendo sempre parte de um todo, ou seja, pode ser geral para os elementos que o compõe, mas, pode ser também um elemento de composição de outro sistema maior (UHLMANN, 2002).

O mesmo autor ressalta sobre a divisão dos tipos de sistemas e os define de acordo com suas funções:

> Os sistemas podem ser divididos em três tipos, o sistema cósmico (o Universo), o sistema natural (sendo que o sistema maior é a Terra) e o sistema social (Comunidade humana). Nos sistemas pode-se perceber que os mesmos possuem um potencial que expressa seus estados internos, demonstrando a sua estabilidade, ou seja, quanto maior o potencial, maior a estabilidade, onde as forças e as estabilidades das inter-relações entre suas partes. O potencial total de um sistema é a soma dos potenciais de cada parte do sistema, e sua movimentação acaba sendo a interação entre as partes de um sistema, é responsável pela mudança do potencial deste. Essas interações podem ocorrer de três formas, nas partes não orgânicas, nos animais e na sociedade, sendo que elas dão suporte à existência do sistema, assim como as mudanças de potencial (UHLMANN, 2002).

Alguns autores tratam o Geossistema com sendo sinônimo de paisagem natural ou paisagem antropo-natural, o que difere da conceituação de Bertrand. Para o autor o Geossistema acaba sendo uma categoria espacial caracterizada por uma relativa homogeneidade dos seus componentes, cuja interação entre o potencial ecológico, a exploração biológica e a ação antrópica são resultado da vasta estrutura, complexidade e dinâmica, e que se identifica por um mesmo tipo de evolução (DIAS, 1998).

Para Sotchava (1962), os Geossistemas são fenômenos naturais, todavia, os fatores econômicos e sociais, ao influenciarem sua estrutura e peculiaridades espaciais, devem ser tomados em consideração, ou seja, os geossistemas são sistemas territoriais naturais que se distinguem na envoltura geográfica, em diversas ordens dimensionais, generalizadamente as regional e topológica..

> "Em condições normais deve-se estudar, não os componentes da natureza, mas as correções entre eles; não se deve restringir à morfologia da paisagem e suas divisões, mas, de preferência, projetou-se para o estudo de sua dinâmica, estrutura funcional, conexões, etc" (SOTCHAVA, 1962).

Para Troppmair (1989) o Geossistema acaba sendo parte da geosfera e, numa perspectiva vertical natural, engloba as camadas superficiais do solo ou pedosfera, a superficie da litosfera com os elementos formadores da paisagem, a hidrosfera e a baixa atmosfera, mas abrange também a biosfera, como exploradora do espaço ou do sistema.

> O Geossistema faz parte de um sistema aberto, homogêneo e "espacial natural" e distinguido por três aspectos que são a sua morfologia (expressão física do arranjo dos elementos e da conseqüente estrutura espacial), sua dinâmica (fluxo de energia e matéria que passa pelo sistema e que varia no espaço e no tempo, e sua exploração biológica (flora, fauna e homem) (TROPPMAIR, 1989).

O espaço e o tempo são fatores a serem considerados em um geossistema, onde o tempo deve ser avaliado por meio de eras e a mobilidade no interior do estágio de uma Era é a essência de sua dinâmica e a transição de um estágio temporal para outro, significando sua evolução (SOTCHAVA, 1962).

Entretanto, Bertrand sobrepõe-se à Sotchava por incorporar o elemento antrópico em sua definição de Geossistema, ou seja, o autor leva em consideração o fator "homem" para o entendimento dos processos. Além de definir os geofácies como um setor fisionomicamente homogêneo, desenvolvendo-se uma mesma fase da evolução

geral do geossistema, e o geótopo é definido como uma microforma no interior do geossistema e dos geofácies, que por sua vez, é a menor unidade geográfica homogênea diretamente discernível ao terreno, ou seja, uma particularidade do meio ambiente.

2.2 Elementos Naturais para a Evolução da Paisagem

Ao analisar a paisagem é preciso destacar os elementos físicos que estão em constante modificação e que afetam e/ou definem as características futuras de determinada unidade de paisagem. A Geologia é considerada por muitos geógrafos a principal responsável pela dinâmica que se observa na superfície terrestre e os processos endógenos constantes promovem as características potenciais de determinadas paisagens.

Após o processo de formação geológica, temos o clima como outro fator que irá modelar o relevo conforme suas mudanças e oscilações. Como agente externo, o clima atua com o seu processo intempérico esculpindo o produto que os processos endógenos promoveram.

O clima se apresenta através de seus elementos meteorológicos como: a temperatura que influencia no processo de erosão, provocando dilatações e contrações sucessivas que enfraquecem o solo, facilitando a remoção das partículas pela ação hídrica; a precipitação e umidade que depende de sua intensidade, quantidade, duração e freqüência, ou seja, uma chuva forte de certa duração pode provocar grandes estragos erosivos devido à grande energia exercida pela gota ao tocar no solo; além dos organismos como: a fração do solo que é fornecida pelos vegetais e animais e é responsável, em geral, pela cor escura dos horizontes; o material originário referente ao material não consolidado a partir do qual o solo se formou (saprolito); e o tempo, apresentando certo período necessário para o desenvolvimento de horizontes do solo (GUERRA & CUNHA, 1996).

Os processos erosivos tais como a erosão eólica, pluvial, fluvial, gravitacional, marinha, química ou glacial são resultado da influência do clima sobre o relevo promovendo múltiplas formas.

2.3 Processos Erosivos (Modelagem do relevo)

Assim como o próprio termo sugere, os estudos sobre os processos erosivos são de grande importância, pois além de promover maior economia geram uma boa qualidade ambiental e dessa forma uma melhor qualidade de vida, tanto para a população rural quanto para a população urbana.

A erosão é um dos principais fenômenos geológicos que ocorre na Terra e se processa de várias formas, considerando seu ambiente de ocorrência, podendo ser acelerada ou induzida, sendo assim muito mais rápida que a natural, primariamente como resultado da influência das atividades do homem, ou, em alguns casos, de animais (SILVA, *et. al.*, 2004).

A erosão, em ambiente tropical, é causada pela ação da precipitação, provinda do impacto das gotas de chuva e pelo escoamento. O poder de dispersão e de transporte é determinado pelo efeito de desagregação da gota de água, pela quantidade e velocidade do escoamento e, em último lugar, pela resistência do solo à desagregação e ao movimento.

Quando se utiliza métodos convencionais de manejo do solo e da terra, que mobiliza totalmente a superfície e ocasiona rugosidade superficial relativamente elevada, nota-se um aumento da porosidade total da camada preparada e, num curto espaço de tempo, predispõe a superfície do solo ao selamento superficial (DULEY, 1939).

Então verifica-se a importância de se adotar técnicas de manejo agrícola mais eficientes. O primeiro passo consiste em diagnosticar os processos erosivos, de maneira a subsidiar o planejamento da ocupação agrícola (SALOMÃO, 1999).

Conseqüentemente, a rugosidade superficial criada pelo preparo neste sistema de manejo poderá diminuir, reduzindo drasticamente a capacidade do solo de reter e infiltrar água na superfície, aumentando a enxurrada e a erosão hídrica (BERTOL *et. al.*, 1997; SCHICK *et. al.*, 2000a).

As perdas de água da chuva na forma de enxurrada geralmente são menos influenciadas pelo efeito da cobertura e manejo do solo do que as perdas de solo, uma vez que este apresenta capacidade limite de absorção de água (BERTOL, 1994; MORAIS & COGO, 2001; MELLO *et. al.*, 2003). Desse modo, ao ultrapassar tal limite o excesso de água da chuva escoa independentemente do sistema de manejo empregado.

Isso ocorre especialmente sob chuvas de longa duração, portanto de elevado volume, as quais saturam o solo e, assim, produzem grandes enxurradas.

Tal situação caracteriza-se desta maneira em função de que o solo é formado por um conjunto de corpos naturais tridimensionais, resultantes da ação integrada do clima e organismos sobre o material de origem condicionado pelo relevo em diferentes períodos de tempo, o qual apresenta características que constituem a expressão dos processos e dos mecanismos dominantes na sua formação (GUERRA & CUNHA, 1996).

O solo é um recurso básico que suporta toda a cobertura vegetal de terra sem a qual os seres vivos não poderiam existir. Nesta cobertura, incluem-se não só as culturas como também todos os tipos de árvores, gramíneas, raízes e herbáceas que podem ser utilizadas pelo homem. Além da grande superfície que ocupa no globo, o solo é uma das maiores fontes de energia para o grande drama da vida em que, geração após geração, homens, plantas e animais atuam sobre a terra (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999).

Os solos não são iguais em todas as partes, podendo diferir de local para local, independente da escala. Para a metodologia utilizada faz-se necessária a avaliação do tipo de solo de cada área, sendo importante verificar alguns fatores controladores da erosão: a erodibilidade como a resistência do solo ao ser removido e transportado e, a erosividade ou intensidade das chuvas em causar erosão.

Capítulo 3

Localização e Caracterização da Área de Estudo

A área de estudo está situada no extremo oeste do Estado de Rondônia, Brasil, abrange os municípios de Porto Velho e Nova Mamoré, onde deságua no rio Madeira, o qual está inserido na bacia Amazônica, com coordenadas geográficas: 9º35’6” S a 11º 26’24” S e 64º29’6” W a 65º23’6” W, com aproximadamente 350358,4 hectares de área, como ilustra a Figura 01 a seguir:

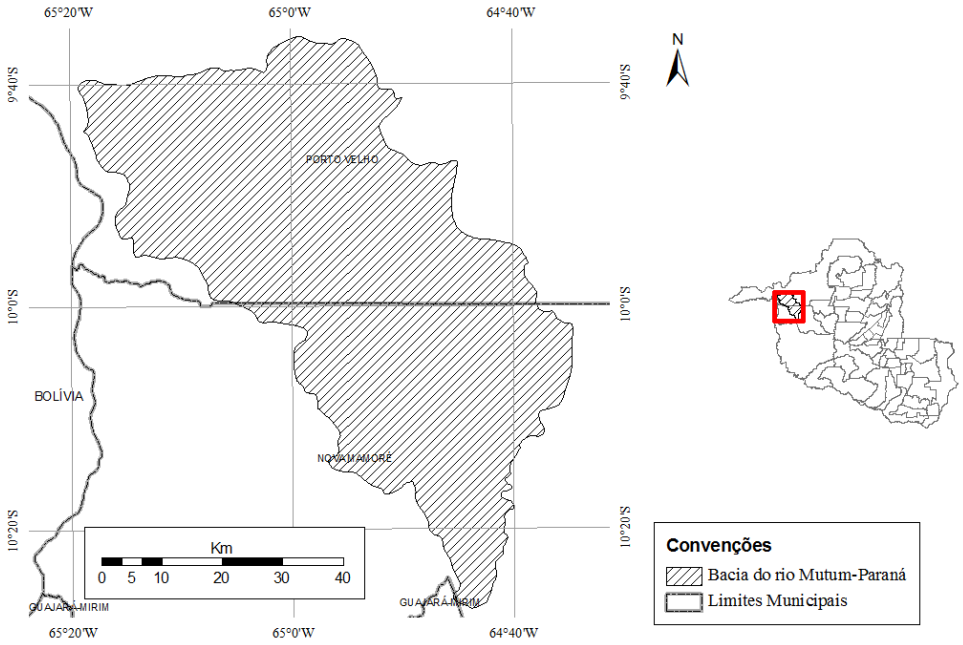


Figura 01: Localização da bacia do rio Mutum-Paraná.
Fonte: SEDAM.
Organizado por Michel Watanabe

A bacia está situada em zona de fronteira com a Bolívia, dentro da faixa limite de 150 km sendo atravessada e margeada pelas BR-364 ao norte e BR-425 a oeste, respectivamente.

3.1 Geologia

De acordo com Serviço Geológico do Brasil - CPRM (2007) a geologia da área de estudo é bastante diversificada. A própria escala de análise feita pela companhia sendo de 1:250.000, o que caracteriza a bacia com maior número de detalhes resulta em melhor análise.

A bacia do rio Mutum-Paraná apresenta Depósitos Aluvionares Q2a (a): são depósitos arenosos, siltosos e argilosos, com níveis de cascalho, compatível em ambiente fluvial. Também é constituída de Depósitos Argilosos Q2ag (ag): são depósitos argilosos e siltico-argilosos inconsolidados, ricos em matéria orgânica, relacionados à planícies de inundações. A parte norte da bacia apresenta-se com a Formação Rio Madeira Q1rm (rm): são sedimentos conglomeráticos e arenosos de granulometria grossa, mal selecionados, estratificados, intensamente ferruginizados, além de argilas maciças a laminadas com restos de vegetais e fósseis vertebrados. O sistema fluvial é meandrante com planícies de inundação (CPRM, 2007).

Ainda de acordo com o Serviço Geológico do Brasil o centro da bacia predomina Cobertura Sedimentar indiferenciada NQi (i): são depósitos de areia, silte, argila ou cascalho, com restos de materiais lateríticos (horizontes mosqueado e argiloso, além de crosta laterítica ferruginosa). Apresentam também sedimentos aluvionares, coluvionares e eluvionares indiferenciados, recobertos por cobertura de solos indiscriminados. Em alguns pontos concentrados no centro da bacia encontra-se Cobertura detrito-lateríticas NQdl (dl): são depósitos argilo-arenosos e síltico-arenosos, ricos em concreções ferruginosas. Apresenta horizonte argiloso/mosqueado, crosta laterítica ferruginosa, concrecionária ou colunar, além de materiais coluvionares e eluvionares ricos em detritos lateríticos e fragmentos de quartzo.

Na parte sul da bacia tem-se em grande parte o Complexo Nova Mamoré MP2 (nm): apresenta biotita paragnaisse quartzo-feldspático, granada biotita paragnaisse, gnaisse calciossicático, sillimanita-granada-biotita-quartzo xisto. Na mesma região ainda existem uma concentração da Suíte Intrusiva Alto Candeias MP2gamma_ac: é formada por granito porfirítico com feições repakivíticas, aplito, sienito e charnockito; Suíte Laje MP2gamma_l (l): apresenta leucogranito foliado com granada (CPRM, *op cit*, 2007).

E, de acordo com em alguns pontos à nordeste e à sudeste da bacia possui a Suíte Intrusiva da Providências MP1gammap (p): é composta por granito rapakivi

(anfibólio-biotita monzogranito, biotita sienogranito). Apresenta também charnockito, mangerito e rochas máficas associadas, variando de isotrópica a foliada (foliação de fluxo magmático e milanítica). E em menor quantidade ao norte da bacia encontra-se o Complexo Jamari PP4ja e PP4ja (a) (ja): caracteriza-se por ortognaisse tonalítico e quartzo-diorito dominantes, além de enderbito, gnaisse calcissilicática, granada-biotita-sillimanita gnaisse e mica xisto (CPRM, 2007).

3.2 Clima

O Estado de Rondônia, como em toda região úmida da Amazônia, possui clima equatorial, uma vez que, seu clima é durante todo o ano controlado principalmente por fracos domínios anticiclônicos e por sistemas de massas de ar originárias das latitudes baixas da zona equatorial, assegurando-lhe chuvas e forte umidade em qualquer estação do ano. No decorrer do ano a área de estudo apresenta variação nos índices pluviométricos apresentando chuvas anuais de 1600, 1700, 1800 e 1900mm (PLANAFLORO, 2001).

Em se tratando de Rondônia o clima apresenta-se, de acordo com a classificação de Köppen, como sendo Aw – clima tropical chuvoso onde as taxas de temperatura média do mês mais frio são superiores a 18°C (megatérmico) e um período seco bem definido durante a estação de inverno quando ocorre, no Estado, um moderado déficit hídrico com índices pluviométricos inferiores a 50mm/mês (RONDÔNIA, 2003).

3.3 Geomorfologia

A Geomorfologia da área de estudo caracteriza-se pelas Depressões que podem variar de Suave a Ondulado, Lagos, Deltas, Planícies Inundáveis na maior parte, característica da Amazônia, Superfícies de Aplanamento e Terraços Fluviais. A bacia compreende, portanto: Terraços Fluviais: caracterizam-se por serem terraços altos com dissecação baixa. Apresenta-se como superfície horizontal ou levemente inclinada, constituída por depósito sedimentar e limitada por dois declives do mesmo sentido (PLANAFLORO, *op. cit.*).

As Planícies Inundáveis segundo Guerra & Cunha (1996) são banquetas pouco elevada acima do nível médio das águas sendo freqüentemente inundada por ocasião das cheias; Superfície de Aplanamento Nível II: apresentam-se abaixo dos 300 metros com

dissecação média e grande quantidade de Inselbergs. Estes são como resíduos da pediplanação em climas áridos quentes e semi-áridos, à semelhança dos monadnocks, devidos à pediplainação, em regiões de clima úmido.

A topografia do relevo representada pela declividade e pelo comprimento das rampas exerce uma grande influência sobre a erosão. A quantidade de partículas em suspensão carreadas durante um evento de chuva depende da velocidade do escoamento superficial. Esta velocidade é função do comprimento e da declividade da vertente (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999).

Analisar a forma da encosta é de fundamental importância devido à necessidade de se determinar as diferentes trajetórias do escoamento superficial no terreno, a fim de se quantificar a erosão. Deste modo, pode-se afirmar que a erosão é controlada pelo relevo, enquanto as diferentes trajetórias do fluxo da água, em diferentes formas de paisagem, são agentes causadores de variabilidade, podendo interferir na produtividade das culturas (SOUZA, 2001).

O relevo da área de estudo caracteriza-se por ser pouco acidentado, podendo atingir em pontos concentrados até 280 metros de altitude nas regiões localizadas no centro-sul da bacia. Varia de ondulado a suavemente ondulado com frequente oscilação de acordo com a classificação do IBGE (2006). As áreas com as maiores alternâncias na altitude são onde se concentram as cabeceiras.

3.4 Solos

As manchas de solos da bacia do rio Mutum-Paraná se apresentam de forma bastante homogênea em alguns pontos destacando-se os Latossolos:

Os Latossolos Amarelos Distróficos apresentam textura variada em alguns pontos entre média e argilosa, com relevo plano a suavemente ondulado e ligeiramente pedregoso. São solos envelhecidos, podendo variar de ácidos a fortemente ácidos (PLANAFLORO, 2001);

Os Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos que compreendem solos minerais profundos, com horizonte B latossólico e estrutura granular, apresentam textura média a muito argilosa e relevo plano. Apresentam também, limitações moderadas na produção sustentada para um determinado tipo de utilização. Assim, esta limitação reduz a produtividade e os benefícios elevando a necessidade de insumos. Essa classe de solo

apresenta saturação por base baixa (v<50%) o que significa baixa fertilidade potencial natural (RADAMBRASIL, 1979);

Os Latossolos Vermelho-Escuros Distróficos são solos que normalmente se encontram em grau intermediário entre o Latossolo Vermelho Amarelo e o Latossolo Roxo e, apresentam horizonte A fraco e B latossólico. Já os Argissolos Vermelho-Amarelos são solos cuja característica é de bem desenvolvido, bem drenado, ácido e com horizonte A fraco, possuindo logo abaixo da camada um horizonte argiloso. São solos que se apresentam com saturação de bases entre 30 e 45%, soma de bases de 1 a 3 mE/100g de solo e saturação com alumínio situada com maior frequência entre 30 e 40% (RADAMBRASIL, *op. cit.*);

Os Gleissolos são solos pouco desenvolvidos por se formarem em ambientes com lençol freático próximo à superfície ou com regime de inundação durante parte do ano. Essa periodicidade na alternância de umidade possibilita, quando o solo está saturado em umidade, a gleização dos horizontes, causada pela redução do ferro livre em ausência de oxigênio. Já no período de menor umidade pode ocorrer a formação de mosqueados de coloração avermelhada por efeito da oxidação (SILVA, 1999).

Os Gleissolos são constituídos por minerais pouco desenvolvidos e, devido a sua formação pedogenética, apresentam-se normalmente mal drenados, compostos por argilas de baixa ou alta atividade. O mesmo apresenta baixa saturação por base (v<50%) o que acarreta em baixa fertilidade natural (PLANAFLORO, 2001).

3.5 Vegetação

A vegetação predominante é de Floresta Ombrófila que caracteriza fisionomias ecológicas tropicais e costeiras, seguida por Savana em áreas mais concentradas ao norte da bacia. Dentro da Savana a fisionomia é de Floresta com Cipó (cipozal), sendo a maior parte Aberta, pois a fitomassa e o fitovolume de recobrimento vão diminuindo gradativamente de densidade. Apresentam algumas manchas de parques, densas, semidecidual e gramínio-lenhosa (PLANAFLORO, *op. cit.).*

Além da Floresta Ombrófila destaca-se, em menor proporção, Campinarana Floresta, onde se denomina localmente como “umirizais” o mosaico de campinaranas, inserido dentro da matriz florestal, que ocorre na área de estudo. A transição da vegetação de campinarana densa para floresta ombrófila pode ocorrer de forma gradual (algumas centenas de metros) ou abrupta (poucas dezenas de metros), em função da

declividade que condiciona mudanças no tipo de solo, de podzólicos hidromórficos para latossolos (FURNAS, 2005).

De fato, as características da vegetação na região amenizam a agressividade do grande volume e intensidade de chuvas precipitadas.

3.6 Contextualização do Processo de Ocupação da área de estudo

Ao tratar do processo de ocupação do Alto rio Madeira e, mais especificamente, da bacia do rio Mutum-Paraná devemos fazer uma contextualização a partir do início da década de 70, referente aos Projetos Integrados de Colonização – PICs para o Estado de Rondônia. Ao analisar espacialmente os Projetos de Colonização do Estado podemos notar a concentração da maior parte dos PICs nas regiões que margeiam a BR-364, possuindo uma lógica estrutural no quesito de redes, formados exclusivamente pelas Estradas.

Os PICs são caracterizados como áreas destinadas à faixa de população de baixa renda, especificamente a agricultores sem terra e, de preferência àqueles que possuem maior força de trabalho familiar. O INCRA identifica e seleciona os beneficiários, localiza-os nas parcelas por ele determinadas, fornece a infra-estrutura básica e, por meio dos órgãos responsáveis, em nível nacional, regional, estadual e/ou municipal, implementa as atividades relativas à assistência técnica creditícia, à comercialização, saúde, educação, ao mesmo tempo em que deve montar o sistema cooperativo, para facilitar a organização sócio-econômica dos parceleiros (SCHROEDER, 2008).

A principal característica dos PICs é que possuíam no máximo 100 hectares e, em Rondônia, foram criados 5 Projetos Integrados de Colonização: PIC Ouro Preto (1970), PIC Sidney Girão (1971), PIC Gy-Paraná (1972), PIC Paulo Assis Ribeiro (1973) e PIC P e Adolpho Pohl (1975) (MATIAS, 2001).

Para entender como se deu o intenso processo de ocupação para o Estado de Rondônia faz-se necessário resgatar dois Programas essenciais que serviram de atrativo para o fluxo migratório, com destaque para: POLONOROESTE e o PLANAFLORO.

O POLONOROESTE foi um programa financiado pelo Banco Mundial e que tinha como principal objetivo o atendimento à região do entorno da rodovia Cuiabá-Porto Velho. A criação do Programa deu-se devido ao intenso fluxo migratório e com a incapacidade do governo de estabelecer um ordenamento adequado, além de apoiar as populações que chegavam ao território (RABELLO, 2004).

O orçamento deste Programa chegou aproximadamente a 1,2 bilhão de dólares, onde 70 % foi por meio do Banco Mundial e o restante por conta dos governos federal e estadual, ou seja, Rondônia recebeu um planejamento governamental centralizado e de uma política de ocupação com base no desenvolvimento, onde assistiu a uma exploração dos recursos naturais em nome da modernidade, do progresso (SCHROEDER, 2008).

Por fim o POLONOROESTE alocou boa parte dos recursos financeiros e técnicos visando a elaboração de uma Primeira Aproximação do Zoneamento Sócio-Econômico, concluída em 1988, na escala de 1:1.000.000 e instituída pelo Decreto nº 3.782, de 14 de junho de 1988, e logo foi convertida em Lei Complementar nº 52, de 20 de dezembro de 1991 (MATIAS, 2001; BARAÚNA, 2005).

Neste primeiro zoneamento dividiu-se o Estado em seis zonas e cinco áreas especiais, dentro das zonas 5 e 6, que foram: Áreas Indígenas, Reservas Biológicas, Florestas Nacionais, Bacia de Acumulação e Parque Nacional.

Após o POLONOROESTE tem-se o PLANAFLORO que tinha como objetivo principal a implementação de uma estratégia de desenvolvimento sustentável, já que nascia em meio a discussões na ECO-92, e o Banco Mundial o utilizava como marketing da instituição, mostrando como a mesma estava se esforçando para o desenvolvimento sustentável para a Amazônia (SCHROEDER, *op. cit.*).

O PLANAFLORO tinha os seguintes objetivos específicos:

> a) implementar politicas, regulamentos e programas de investimentos destinados a promover o desenvolvimento sustentável de Rondônia; b) conservar a biodiversidade de Rondônia; proteger e fazer valer as fronteiras de todas as Unidades de Conservação, Áreas Indígenas, Florestas e Reservas Extrativistas, bem como controlar e prevenir o desmatamento, o transporte de madeira e as queimadas de florestas em Rondônia; c) desenvolver sistemas agrícolas integrados em áreas apropriadas para a agricultura permanente e para agroflorestais; d) apoiar investimentos prioritários em infra-estrutura, sócio-economia e serviços para implementar o zoneamento socioeconômico ecológico; e) e consolidar a capacidade técnica operacional das instituições de Rondônia. (p. 73)

Schroeder (2008), ressalta que o PLANAFLORO iniciou-se em 1993 com a meta de realização em três anos, mas, devido a dificuldades administrativas essa data foi adiada. Houve, portanto, uma reformulação do projeto, onde componentes e subcomponentes foram ou excluídos, ou redimensionados, ou realocados, órgãos executores reduzidos e os recursos restantes remanejados. O programa levou 10 anos para ser concluído, cujo relatório final do Banco Mundial de 2003, mostrou que muitos

componentes e sub-componentes foram apresentados de forma confusa e/ou incoerente.

Verticalizando para a região da área de estudo, podemos notar conforme estudos verticalizados para o Alto rio Madeira, a expansão da atividade madeireira e, conseqüentemente, a instalação de atividades Agropecuárias, o que atualmente caracteriza a economia e a paisagem da região.

A organização espacial do Alto Madeira nos permite perceber várias fases econômicas que tem fomentado os fluxos inerentes à própria área. Ao observar as rugosidades relativas à EFMM, e posteriormente com a implantação da BR-364, percebe-se o peso destes empreendimentos para a formação social da área que atuou na implantação de uma infra-estrutura capaz de estabelecer comunicação para fluxos e criar elementos fixadores de população e, a atração populacional induzida foi acompanhada por um movimento espontâneo de pessoas em busca de oportunidades de trabalho e renda (CABRAL, 2008).

Atualmente, os agentes econômicos da região do Alto Madeira são Madeireiros e Pecuaristas que se encontram em constante expansão. A área em questão detém de um grande potencial madeireiro, no qual é precursor para outras atividades de exploração e ocupação antrópica, além, de possuir grandes e pequenas propriedades, cujos mesmos acabam por gerar a grilagem, concentração de terra e expansão irregular das atividades, ocasionando conflitos com os instrumentos de ordenamento territorial (CAVALCANTE, 2008).

Também é importante frisar que a configuração atual na área de estudo em questão destaca-se pela implantação dos Projetos de Assentamento à Oeste da bacia e o PIC Sidney Girão localizado próximo ao extremo sul da área. Por ter sido instalado na década de 70, o PIC em questão foi o precursor de boa parte do avanço antrópico para a bacia através da consolidação dos lotes, que gerava a exploração madeireira. Somente a partir do ano 2000, os Projetos de Assentamento são implantados na região, dentre eles, destacam-se dez que têm influência direta na expansão planejada e dita sustentável: PA Floriano Magno, PA Esmosina Pinho, PA Igarapé das Araras, PA Igarapé Azul, PA Marechal Rondon, PA Pau Brasil, PA Pau D’arco, PA Ribeirão, PA Rossana e PA Igarapé Taquara. Dentre os que mais influenciam na bacia, no que diz respeito à extensão territorial são o PA Pau D’Arco com 17641,89 ha ou 5,03% da área da bacia e os PAs Esmosina Pinho e Igarapé Azul, onde possuem uma área de 11041,76 ha ou 3,15% da área e 10615,52 ha ou 3,03% da área, respectivamente, conforme figura 02.

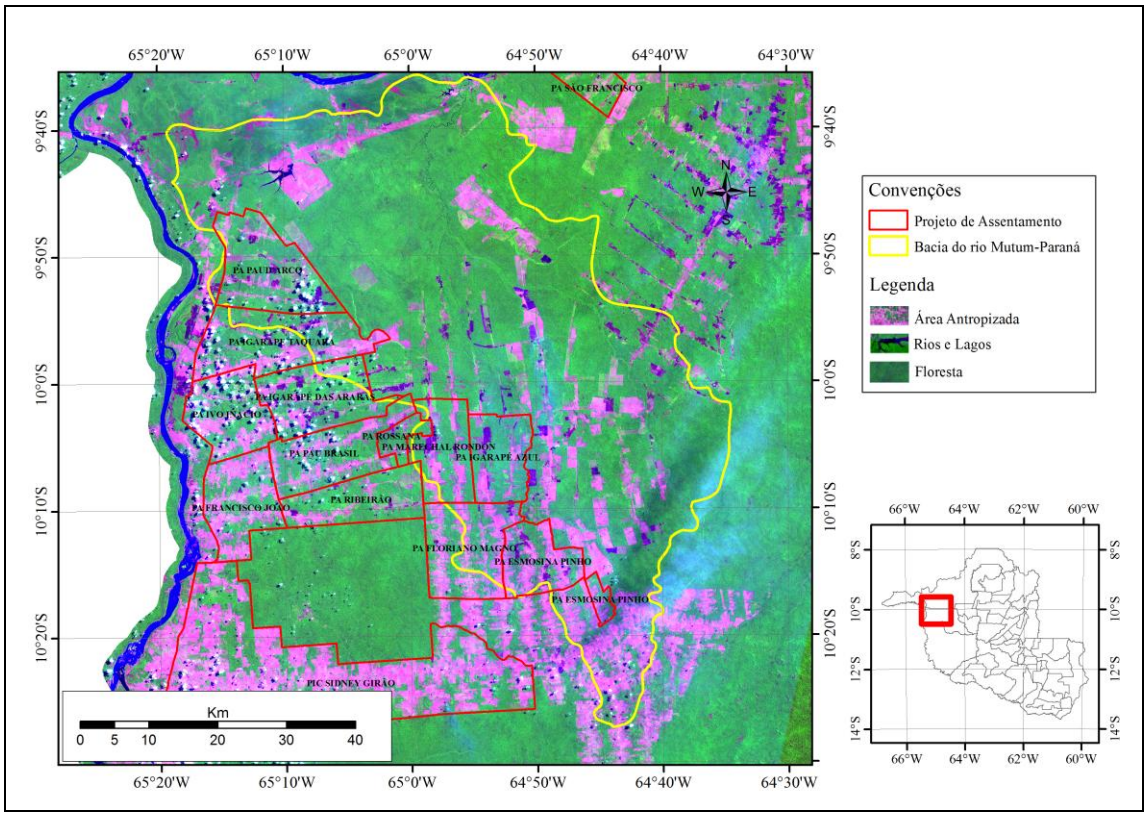


Figura 02: Projetos de Assentamento da bacia do rio Mutum-Paraná.
Fonte: INCRA.
Organizado por Michel Watanabe

A dinâmica de ocupação do Estado de Rondônia e o uso que se estabeleceu modificaram a paisagem e, conseqüentemente, desconfigurou o sistema ambiental. A lógica de ocupação da área de estudo segue o padrão estabelecido no restante do Estado, a chamada "espinha de peixe", cuja característica principal é a abertura de estradas bidirecionais, no formato da estrutura de peixe implantado pelo INCRA, o que causou muitos problemas ambientais, bem como a má utilização dos recursos naturais.

As características antrópicas das paisagens que se encontram na área de estudo são resultado da variação política e econômica do Estado. A opção pela pecuária na Amazônia, dentre vários fatores, como á disponibilidade de terras baratas, aumento nas exportações, subsídios em créditos pelo governo faz da atividade o principal e seguro investimento devido à facilidade e garantias de venda (MARGULIS, 2003).

De acordo com Cavalcante (2008), a pecuária avança do sul em direção ao norte do Estado de Rondônia, migrando principalmente, para boa parte da bacia do rio Mutum-Paraná. A variação do efetivo bovino acontece no intervalo de 10 anos, entre os anos de 1995 e 2005, em virtude do estabelecimento da soja no sul do Estado.

Assim, outras áreas do Estado compartilham com tais mudanças, ou seja, não há somente a substituição da atividade agropecuária pelo cultivo de grãos, há também um processo de deslocamento, neste caso, o da pecuária para outras áreas (FEARNSIDE, 2008).

Capítulo 4

Materiais e Métodos

4.1 Materiais

- Mapa Geológico – Serviço Geológico do Brasil – CPRM, escala 1:500000, 2007.
- Mapa Geomorfológico – Governo do Estado de Rondônia – PLANAFLORO – escala 1:250000, 2001.
- Mapa Pedológico – Governo do Estado de Rondônia – PLANAFLORO – escala 1:250000, 2001.
- Dados Vetoriais de Hidrografia e Curvas de Níveis – DSG – escala 1:100000, 1978.
- Dados Vetoriais de Limites Municipais e Estaduais – IBGE – escala 1:250000, 2009.
- Dados Vetoriais de Projetos de Assentamento – INCRA – escala 1:100000, 2006.
- Dados Vetoriais de Estradas – SIPAM – escala 1:100000, 2008.
- Imagens de Satélite Landsat-5 TM, bandas 3, 4 e 5, órbita/ponto 233/66 – INPE – 2009.
- Imagem de Radar SRTM – NASA – 2000.
- Dados das Estações Pluviométricas da região – ANA – 2009.

4.2 Procedimentos Metodológicos

Para a realização do trabalho foram desenvolvidos os procedimentos metodológicos que complementam a óptica de George Bertrand (1972), desenvolvendo o conceito de Paisagem. Para cada complemento, melhor entendimento e também quantificação foi realizada a modelagem matemática por meio da Equação Universal de Perda de Solos Revisada – EUPSR, onde os dados foram correlacionados e reavaliados.

As referencias utilizadas na pesquisa foram de acordo com a qualidade das informações para a operacionalização dos objetivos e do proprio método, servindo de suporte teórico-conceitual e também como informações técnicas-metodológicas que dão conta dos objetivos específicos propostos. O levantamento bibliográfico compreende também aspectos referentes aos elementos e aspectos gerais da bacia hidrográfica do rio Mutum-Paraná, tendo como base de dados a Geologia, Geormofologia, Pedologia, Vegetação, Clima e Uso da Terra.

4.2.1 Aquisição e análise dos dados geográficos

Foram utilizados materiais que consistem em informações digitais em forma de cartas temáticas, representadas em ambiente SIG. Tais dados foram adquiridos em variados órgãos que tratam sobre questões ambientais como a CPRM, SEDAM, SIPAM, IBGE e ANA.

Para delimitar e objetivar a pesquisa foram selecionadas e utilizadas variáveis que atendam aos procedimentos metodológicos e dentro de cada variável foram extraídas informações necessárias à aplicação da modelagem proposta. As principais variáveis secundárias utilizadas foram a Geomorfologia, a Pedologia, a vegetação e os dados de chuva. Assim, por se tratar de um banco de dados digital, as caracteristica de cada elemento tornam-se melhor manipuláveis e com informações sistematizadas.

Assim, as definições das Unidades de Paisagem podem variar de acordo com a especificidade de cada objetivo, podendo ser selecionados as variáveis que definem e/ou expressam da melhor forma o ambiente. Conforme reflexões e análise dos mapas e das interações dos elementos da paisagem, foram selecionados elementos orientadores para definição dos limites das unidades, tais como: os tipos de solos, a geomorfologia e os usos da terra. Tais elementos foram considerados como definidores da paisagem atual e

que correspondem às respostas mais rápidas na identificação e caracterização da dinâmica da paisagem local.

4.2.2 Uso da Terra

O levantamento do uso da terra torna-se importante para a identificação das atividades que provocam a modificação da paisagem, sendo, em principio, determinado pela expressão cultural, resultado político e social de ideais.

Para o levantamento e identificação dos pontos de Uso da Terra foram necessários alguns procedimentos pré e pós-processamento.

A princípio baseou-se no método de classificação do IBGE, que possui normas para a definição e identificação das adversidades e das caracteristicas dos diversos usos e que foram incorporadas ao trabalho. Após a identificação das possíveis situações que a área de estudo poderia vir a apresentar, foram definidos de forma linear e sistemática, pontos para a coleta das informações necessárias, tais como: a identificação da área, registro de coordenadas geográficas, o uso da terra e o registro fotográfico. Tais pontos pré-definidos foram plotados em ambiente SIG, juntamente à imagem de satélite sintetizada e georreferenciada, juntamente com dados vetoriais digitais de estradas Federais, Estaduais e Municipais, pavimentadas e não pavimentadas. A linearidade e identificação dos pontos deram-se, principalmente, nas estradas com intervalos de três quilômetros, num total aproximado de 260 pontos amostrados.

Posteriormente, a confecção da carta imagem padrão foram realizadas expedições de campo, totalizando sete viagens com equipe alternada entre pesquisadores do LABOGEOPA. Com o uso do GPS em campo, foram localizados os pontos pré-determinados anteriormente e consecutivamente foi realizado o seu registro em planilha estabelecida com as idenficações citadas anteriormente

Assim, com todos os pontos coletados em campo, foram realizadas classificações dos usos identificados, ordenados e geocodificados em um banco de dados digital georreferenciado. A classificação foi realizada em ambiente SIG com uso do Software ARC VIEW 8.0, utilizando-se da extensão de Classificação Supervisionada. O método utilizado para tal classificação foi o da Máxima Verossimilhança (MaxVer), pois o mesmo, considera a ponderação das distâncias das médias e utiliza parâmetros estatísticos (CRÓSTA, 1992).

Para que a classificação fosse precisa o suficiente utilizou-se um número razoavelmente elevado de pixels para cada conjunto, número esse acima de uma centena, o que permitiu uma base segura para o tratamento estatístico no próprio *software*.

Neste procedimento foram utilizados duas entradas de dados, sendo uma de formato vetorial (pontos de uso) e de formato de imagem (Imagem Landsat-5). Para essa classificação foram considerados as atribuições de cada ponto, plotados na imagem para que a ferramenta do *software* pudesse identificar na imagem a respectiva coloração para o determinado uso da terra. Após o processamento foi gerado um arquivo vetorial (polígono dos usos), definindo os limites entre cada uso e, assim, a determinação do tamanho de cada sub-área, bem como a criação de um banco de dados passível de edição e/ou inserção de novas informações.

4.2.3 Aquisição e Georreferenciamento das Imagens de Satélite

A aquisição das Imagens de Satélite deu-se através da disponibilização do banco de dados do INPE, referente ao Satélite LandSat-5 bandas 3, 4 e 5, órbita/ponto 233/66 do ano de 2009.

Após a aquisição das bandas que compõem a imagem foi realizada a sintetização das mesmas utilizando o RGB, onde em ambiente SIG foram ordenadas e unificadas na ordem 5R, 4G e 3B. A sintetização, neste caso, é a ordenação das bandas para melhor visualização para os elementos que se pretende destacar. A ordem escolhida para o trabalho favorece o reconhecimento dos elementos da vegetação, ocupação (curto e longo prazo) e rios e lagos.

O georreferenciamento da imagem sintetizada deu-se por meio de ambiente SIG, neste caso o software Global Mapper 8.0, tomando como base imagens do Geocover, que são uma base de dados (conjunto de imagens de Satélite) do antigo Landsat-7, atualmente desativado, mas com dados ainda disponíveis tanto no INPE quanto no site da NASA. Assim, com auxílio do SIG foram selecionados pontos de referência convergentes em ambas as imagens, onde quanto maior o número de pontos amostrados e sua distribuição uniforme, melhor o resultado da imagem, sem distorções e deslocamentos excessivos.

4.3 Método: Análise da Paisagem sob a óptica Bertrandiana

Assim, a correlação entre a Paisagem do ponto de vista de Bertrand (1972) e a EUPSR proporcionou uma pesquisa mais completa com dados quantitativos e qualitativos que, proporcionam uma análise integrada do ambiente. A análise integrada da paisagem da bacia foi desenvolvida por meio da Categoria Geográfica (Paisagem), e adotou-se a Escola Francesa como linha teórica-conceitual. O método proposto é baseado na análise da paisagem de acordo com a visão do francês Georges Bertrand (1972), pois seu método é possível de manipulação e adaptação, além de se apresentar com boa funcionalidade.

O método classifica as Unidades de Paisagem em seis níveis temporo-espaciais, divididas em 2 Unidades (Superiores e Inferiores), utilizando variáveis do ambiente, tais como: Geomorfologia, Solos, Clima, Vegetação e Uso da Terra. Entretanto, para a definição das Unidades de Paisagem (UPs) propostas, as variáveis determinantes foram a Geomorfologia, os tipos de Solo e o Uso e Ocupação da Terra, que por sua vez, incorporou a variável vegetação.

4.3.1 Unidades Superiores da Paisagem

De acordo com Bertrand (1972), por meio de seu esboço metodológico, definiram-se algumas hierarquias que se completavam e que estavam totalmente relacionadas. Tem-se, portanto a possibilidade de uma análise integrada e sistemática, a seguir:

- A zona deve ser imperativamente ligada ao conceito de zonalidade planetária e se define primeiramente pelo seu clima e seus “biomas”, acessoriamente por certas megaestruturas (os estudos das áreas tropicais), aqui entendida como unidade de Primeira Grandeza.
- O “domínio” corresponde a unidade de 2ª grandeza. O domínio amazônico é um exemplo deste tipo com suas paisagens vigorosamente individualizadas. A definição do domínio deve ficar suficientemente maleável para permitir reagrupamentos diferentes nos quais a hierarquia dos fatores pode

não ser a mesma (domínio amazônico, domínio alpino e domínio atlântico europeu).

- A região natural situa-se entre a Terceira e Quarta Grandeza. A bacia amazônica constitui, no interior do domínio, uma região natural bem circunscrita que corresponde à individualização de uma bacia sedimentar bastante diferenciada. Ela se constitui de um conjunto de montanhas úmido e muito acidentado à oeste, caracterizado por um andar biogeográfico original. Outra área que que caracteriza-se por sua boa definição corresponde aos Picos da Europa que constituem, no interior do domínio cantábrico, uma região natural bem circunscrita que corresponde à individualização tectônica de um maciço calcário vigorosamente compartimentado e carstificado. Ele constituiu uma "frente montanhosa" hiperúmida e hipernebulosa (mistura faia-carvalho verde nas baixas encostas, ausência de resinosas, limites superior da floresta bem baixa, passagem da "terra fusca" oceânicas aos solos alpinos húmicos).

4.3.2 Unidades Inferiores da Paisagem

As Unidades Inferiores destacam-se por aproximar o indivíduo para uma escala de análise mais detalhada, promovendo a interpretação de uma maior quantidade de dados e consecutivamente um estudo mais aplicado. Bertrand (1972) destaca que geo "sistema" acentua o complexo geográfico e a dinâmica de conjunto; geo "facies" insiste no aspecto fisionômico e geo "topo" situa essa unidade no último nível da escala espacial.

- O geossistema situa-se entre a Quarta e a Quinta Grandeza temporo-espacial. Trata-se, portanto, de uma unidade dimensional compreendida entre alguns quilômetros quadrados e algumas centenas de quilômetros quadrados. É nesta escala que se situa a maior parte dos fenômenos de interferência entre os elementos da paisagem e que evoluem as combinações dialéticas mais interessantes para o geógrafo. Nos níveis superiores a ele só o relevo e o clima importam e, acessoriamente, as grandes massas vegetais. Nos níveis inferiores, os elementos biogeográficos são capazes de mascarar as combinações de conjunto. Enfim, o geossistema constitui uma boa base para os estudos de

organização do espaço porque ele é compatível com a escala humana e que pode ser trabalhado em uma escala de até 1: 250.000. O geossistema corresponde a dados ecológicos relativamente estáveis. Ele resulta da combinação de fatores geomorfológicos (natureza das rochas e dos mantos superficiais, valor do declive, dinâmica das vertentes), climáticos (precipitações, temperatura) e hidrológicos (lençóis freáticos epidérmicos e nascentes, pH das águas, tempos de ressecamento do solo).

A Figura 03 ilustra a articulação dos elementos a serem trabalhados:

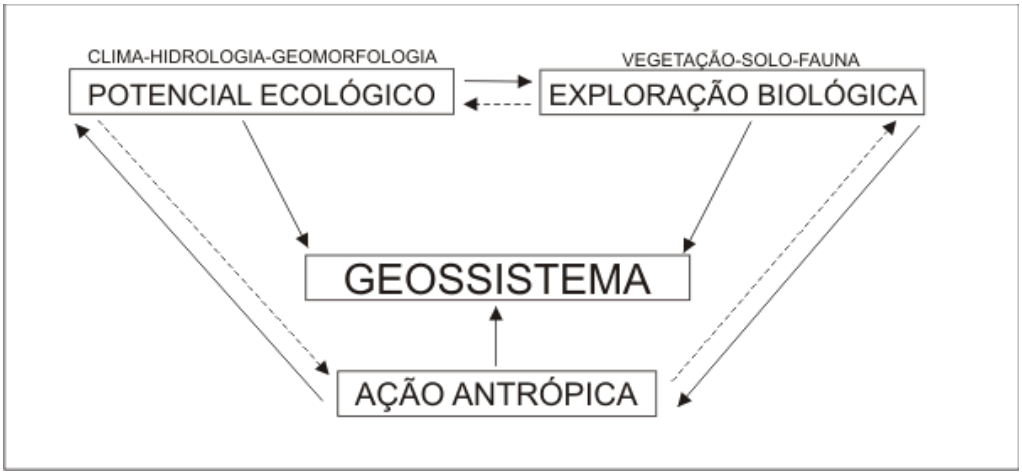


Figura 03: Esboço metodológico de Bertrand.
Fonte: Bertrand, 1972.

- Geofácies: no interior de um mesmo geossistema, o geofácies corresponde a um setor fisionomicamente homogêneo onde se desenvolve uma fase de evolução geral do geossistema. Em destaque à superfície coberta pode-se analisar a geofácie em algumas centenas de Km^2 em média, que se adequam à estudos de ecologia, situando-se na Sexta Grandeza de escalas.
- Geótopo é uma microforma no interior do geossistema e dos geofácies, ou seja, é a menor unidade geográfica homogênea diretamente discernível ao terreno, considerada como Sétima grandeza e com uma particularidade do meio ambiente.

Beroutchachvili & Bertrand (1978) lembram que a "ciência do geossistema" não constitui um conjunto homogêneo, sendo que cada cátedra conta com sua própria concepção e problemática e, muitas vezes, sua própria linguagem.

A paisagem, por sua vez, toma uma dimensão sócio-cultural do conjunto geográfico estudado. Ela traz um sentido subjetivo, por expressar o tempo do cultural, do patrimônio, do identitário e das representações, baseado no ressurgimento do simbólico, do mito e do rito (BERTRAND & BERTRAND, 2007). A paisagem conduz o geógrafo a "acessar o mundo das representações sociais e da natureza, assegurando uma ligação de conveniência com os objetos naturais na sua dimensão geossistêmica" (ROSS, 2006)

O presente estudo faz uma análise até o quarto nível de análise temporo-espacial (Geossistema) por considerar o mesmo como sendo a escala apropriada para o tamanho da área de estudo e os fenômenos analisados, bem como, estar compatível com os dados cartográficos utilizados.

4.4 Equação Universal de Perda de Solo Revisada - EUPSR

O EUPSR emprega equações empíricas de regressão múltipla com incorporação de parâmetros que influenciam na erosão (MORRIS & FAN, 1997). Os parâmetros são usados em ambiente SIG através da utilização da seguinte equação:

$$A = K \cdot R \cdot L\,S \cdot C\,P$$

Segundo Morris & Fan (1997), esta equação é denominada universal porque incluem os quatro principais fatores que influenciam a perda de solo A:

- A: estimativa de erosão específica, em unidades compatíveis com as adotadas para K, e para o período de tempo considerado para o cálculo da erosividade R, habitualmente em [ton/(ha.ano)];
- K: fator de erodibilidade do solo. Define-se como a perda de solo de uma parcela-padrão tipo com 22 metros de comprimento, 9% de declividade e continuamente em solo nu, lavrado segundo o maior declive. Representa a susceptibilidade de diferentes solos serem erodidos de acordo com suas características físicas e químicas [ton.ha.h/ha.MJ.mm]. Os dados correspondentes ao fator K foram definidos de acordo com Lombardi Neto & Bertoni (1975) que estudoram 66 perfis de solos do Estado de São Paulo. O quadro tal apresenta os valores adaptados.

Tipos de Solo	Valores de Erodibilidade [ton.ha.h/ha.MJ.mm].
Latossolo Vermelho-Amarelo	0,009
Latossolo Amarelo	0,017
Argissolo Vermelho Amarelo	0,034
Argissolo Amarelo	0,045
Gleissolo	0,044

Quadro 01: Valores de Erodibilidade adotados.
Fonte: Adaptado de Lombardi Neto & Bertoni, 1975.

- R: é o fator erosividade da precipitação e é quantificada em termos da energia produzida pelo impacto das gotas de chuva juntamente com um taxa de arraste do solo resultante do escoamento superficial [MJ. mm/(ha.h.ano)]. A série histórica de dados pluviométricos analisada foi de 1995 a 2004, obtida por meio da Agência Nacional de Águas – ANA, conforme quadro 01 a seguir:

Estação	Código ANA	Rio	Estado	Município	Responsável	Operadora	Período	Latitude	Longitude	Altitude (m)
JURENÉ	865001	RIO ITUXI	AM	LÁBREA	ANA	COHIDRO	01/1995-12/2004	08:46:03 S	65:20:52 W	-
NOVA CALIFÓRNIA	966000	RIO ABUNÃ	RO	PORTO VELHO	ANA	COHIDRO	01/1995-12/2004	09:45:20 S	66:36:42 W	153
SANTO ANTÔNIO	963001	RIO JAMARI	RO	PORTO VELHO	ANA	CPRM	01/1995-12/2004	09:15:38 S	63:09:43 W	96
PEDREIRAS	966001	RIO ABUNÃ	RO	PORTO VELHO	ANA	CPRM	01/1995-12/2004	09:41:25 S	65:59:35 W	-
ESCOLA CARAMURÚ	1063000	RIO JAMARI	RO	ARIQUEMES	ANA	CPRM	01/1995-12/2004	10:30:18 S	63:38:46 W	151
MINERAÇÃO JACUNDÁ	962001	RIO JACUNDÁ	RO	PORTO VELHO	ANA	CPRM	01/1995-12/2004	09:10:45 S	62:57:11 W	86
GUAJARÁ-MIRIM	1065002	RIO MAMORÉ	RO	GUAJARÁ-MIRIM	ANA	CPRM	01/1995-12/2004	10:47:33 S	65:20:52 W	-
FAZENDA RIO BRANCO	963004	RIO BRANCO	RO	ARIQUEMES	ANA	CPRM	01/1995-12/2004	09:53:14 S	62:59:16 W	137
MINERAÇÃO PONTE MASSANGANA	1063001	RIO MASSANGANA	RO	ARIQUEMES	ANA	CPRM	01/1995-12/2004	10:21:00 S	63:25:00 W	-
ARIQUEMES	963000	RIO JAMARI	RO	ARIQUEMES	ANA	CPRM	01/1995-12/2004	09:55:54 S	63:03:25 W	168

Quadro 02: Estações Pluviométricas próximas à área de estudo.
Fonte: Agência Nacional de Águas – ANA.
Organizado por Michel Watanabe

Para a determinação do Fator R da chuva de forma precisa, faz-se necessário a obtenção de dados da intensidade da chuva. A melhor correlação com perdas de solo é dada pelo índice EI30, que é o produto da energia cinética da chuva pela sua intensidade máxima em 30 minutos (WISCHMEIER & SMITH, 1958).

A dificuldade de se obter dados de intensidade de chuva para o cálculo da erosividade foi citada por diversos autores como Oduro-Afriyie (1996), Mannaerts & Gabriels (2000), Bertoni & Lombardi Neto (1999) e Silva *et. al.* (2004). A solução foi correlacionar o índice de erosão com fatores climáticos que são de fácil medição. Para tanto se utilizou uma equação proposta por Oliveira Jr. & Medina (1990) que adaptou a fórmula para os padrões aproximados de clima tropical.

$$R_x = 3{,}76 * \left(\frac{M_x^{\ 2}}{P} \right) + 42{,}77$$

Onde: R_x é o fator R para o mês x (MJ.mm.ha^{-}1.ano^{-1}); M_x média mensal de precipitação (mm) e P é a média anual de precipitação (mm).

A escolha destas estações foi definida conforme a proximidade com a bacia e a sua série histórica. Para se obter certa homogeneidade nos dados, utilizou-se uma série consecutiva de 10 anos (1995-2004), sendo calculadas a precipitação e o cálculo anual em planilha eletrônica. Assim, foi inserida a fórmula de Oliveira e Medina Jr (1990) para o cálculo e, posteriormente, estes dados foram interpolados através de gradeamento geoestatístico de *Kriging* com a utilização do software *SURFER* e foram geradas linhas de isoerosividade anual para a bacia hidrográfica e regiões adjacentes. Depois exportou-se o arquivo para o programa *Arc View 8.0,* onde foi possível realizar o *layout* final.

- LS: a força gravitacional que influencia no escoamento é representada pelo comprimento de rampa e declividade da parcela-padrão. Resulta do produto das relações de comprimento e de declive que correspondem, respectivamente, aos quocientes entre a perda de solo em uma parcela-padrão com um dado comprimento e uma parcela-padrão com comprimento de 22 metros, em condições idênticas, e ao quociente entre a perda de solo numa parcela-padrão com determinado declive e uma parcela-padrão com um declive de 9%, em condições idênticas (adimensional).

A princípio utilizou-se de Imagens do *Shuttle Radar Topography Mission - SRTM,* onde foi possível extrair curvas de níveis de 5 metros, proporcionando o Modelo Digital de Elevação – MDE, com boa qualidade para análise, mantendo grande fidelidade ao relevo da bacia que, consecutivamente, forneceu dados para a declividade. Entretanto, para uma melhor clareza e maior precisão, parte dos dados vetoriais foi editado e corrigido com cotas altimétricas do DSG, o que forneceu maior confiabilidade nos resultados.

O MDE apresenta poucas oscilações, o que é característica de boa parte do Estado de Rondônia. As altitudes podem variar de 85 a 290 metros em relação ao nível do mar, possuindo uma diferença de apenas 205 metros. A geração dos dados de declividade foi realizada através do software *ArcView8.0* através da ferramenta *Triangular Irregular Network (TIN)* da Extensão *3D Analyst* e, posteriormente, foi gerado a declividade com a Extensão *Hidrology*. A partir do *TIN* gerou-se um arquivo

Matricial (30 m x 30 m) ou *Raster (GRID)* com o atributo de elevação através do comando *convert – Tin to Raster.*

Os dados de declividade mostraram-se bastante homogêneos, pois as taxas de declive estão concentradas entre 0 e 3 graus, o que proporciona uma menor velocidade nas taxas de sedimentos desprendidos. E, de acordo com os parâmetros da Embrapa, as predominâncias nas taxas de declividade estão classificadas como Suavemente Ondulado.

Num segundo momento, utilizando-se do software *ArcView 8.0*, calculou-se o fluxo de acumulação da bacia através da Extensão *Hidrology* que, comparado com a drenagem, mostrou um resultado satisfatório, pois os fluxos de acumulação seguem os dados de drenagem de acordo com o declive e o fluxo de direção que a água escoa. Para o cálculo do LS foi utilizada a equação de ENGEL (2003), descrita a seguir:

$$LS = (AF \cdot l/22{,}13)^{0,4} \cdot (sen\theta/0{,}0896)^{1,3}$$

- AF é a acumulação do fluxo expresso como o número de células da malha (cuja leitura é processada a partir do delineamento da bacia);
- l é o tamanho da célula expresso como comprimento lateral da célula;
- θ declividade da vertente.

- C: Relação de cobertura vegetal. O quociente entre a perda de solo de uma parcela-padrão com uma determinada cultura e manejo e uma parcela-padrão continuamente em solo nu, em condições idênticas.

Para a determinação da cobertura vegetal da bacia do rio Mutum-Paraná, foi utilizada Imagem de Satélite TM LandSat-5, Bandas 5R4G3B, adquirida junto ao INPE no ano de 2009 com resolução espacial de 30 metros. A imagem foi recortada apenas na área correspondente à bacia hidrográfica do rio Mutum Paraná. Posteriormente foram gerados os polígonos correspondentes às quatro classes analisadas. A estes polígonos foram atribuídos valores adaptados de vários autores para o fator C do modelo, conforme quadro 03.

Uso da Terra	Autor/Ano	Valores Adaptados Mg. ha/Mg
Floresta	Checchia (2005)	0,001
Campinarana Florestada	Farinasso *et al* (2006)	0,042
Pastagem	Cunha(1997); Tomazoni et al (2005)	0,01
Solo Exposto	Bertoni & Lombadi Neto (1999)	1,0

Quadro 03: Valores adaptados do Fator C (Uso e Cobertura Vegetal).
Fonte: Organizado pelo autor, 2010.

P: Relação de prática agrícola. Quociente entre a perda de solo de uma parcela-padrão com uma determinada prática agrícola e de um lavrado segundo a linha de maior declive, em condições idênticas. A determinação de P foi realizada através de visitas a área de estudo. E para estimar o fator (P) foi adotado o valor sugerido por Bertoni & Lombardi Neto (1999), sendo caracterizado como morro abaixo com valor igual a 1,0.

Após a determinação de cada elemento discriminado anteriormente foram calculados o Potencial Natural de Erosão – PNE por meio dos elementos de Erosividade, Erodibilidade e Topografia, pois são as variáveis atuantes na quantidade e intensidade da erosão. Logo em seguida foram calculadas a atual Perda de Solo por Erosão Hídrica da bacia e seus cenários simulados (Floresta e Pecuária), onde se considera agregado ao PNE as variáveis de Uso e Cobertura da Terra, que minimizam a atuação dos agentes erosivos. Para todos os cálculos são consideradas as unidades de medida ton/ha.ano, justificado pela área de estudo não possuir um tipo de cultivo agrícola específico e de predominância espacial.

A integração dos parâmetros foi realizada em *ArcView 8.0* do Laboratório de Geografia e Planejamento Ambiental – LABOGEOPA , utilizando metodologia proposta por Checchia (2005) e, como resultado, obtemos o mapeamento das áreas susceptíveis a perda de solo por erosão hídrica da bacia do Mutum - Paraná. Tal mapeamento, deu-se através da álgebra de mapas, que calcula valores determinados em matriz, onde são multiplicados, classificados e medidas geometricamente, conforme a EUPSR.

Devido à escassez ou inexistência dos registros pluviográficos nos locais de estudo e as análises dos diagramas dos pluviógrafos para determinação da energia cinética serem extremamente morosas e trabalhosas, diversos autores tentaram correlacionar o índice de erosão com fatores climáticos, fatores esses de fácil medida e que não requerem registros de intensidade de chuva (SILVA, 1999).

A seguir o fluxograma (figura 04) dos procedimentos metodológicos adotados:

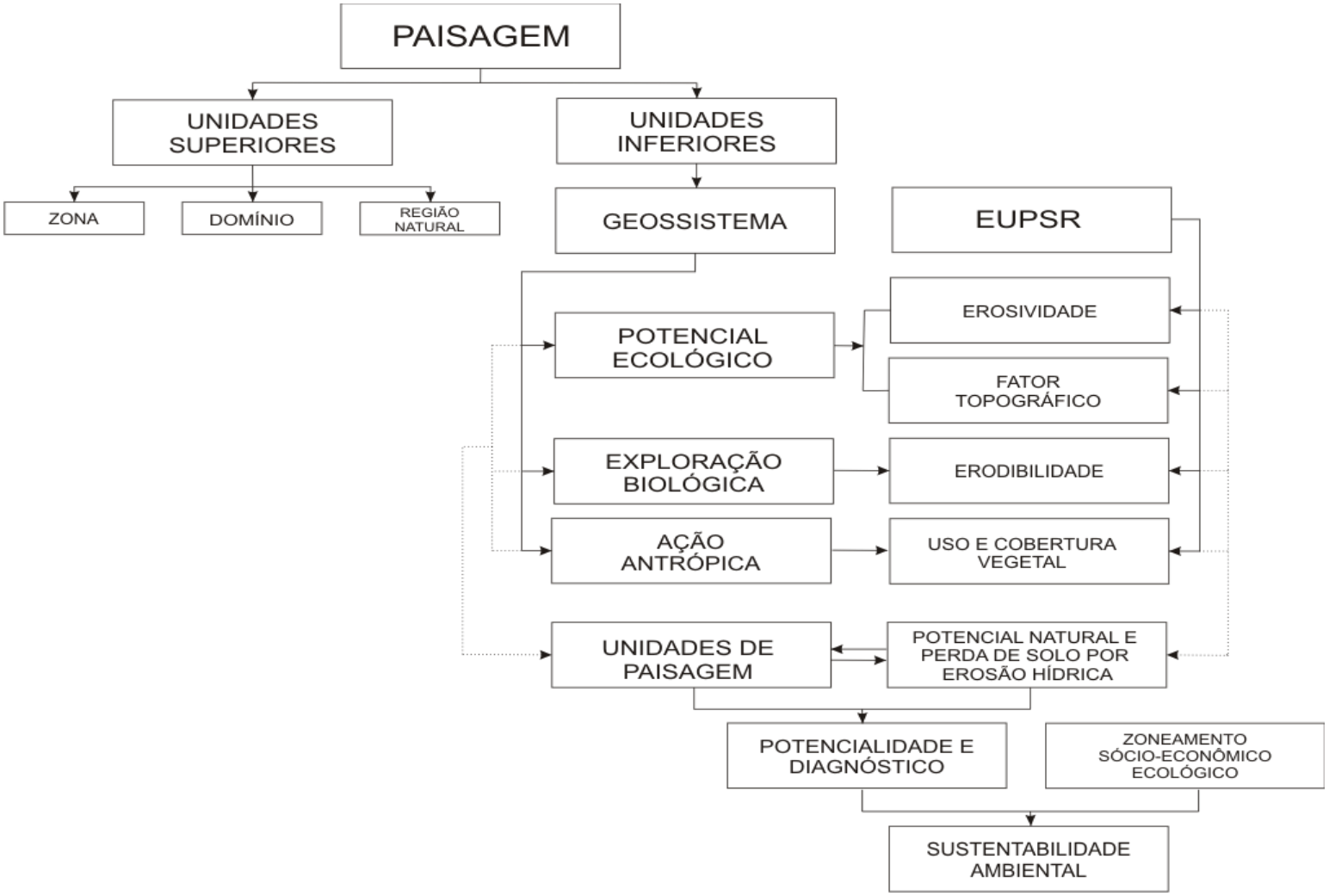


Figura 04: Fluxograma dos Procedimentos Metodológicos Adotados.
Fonte: Organizado pelo Autor, 2010.

Capítulo 5

Resultados Finais

5.1 Unidades Superiores

A classificação da paisagem realizada neste trabalho inicia-se a partir do entendimento do "todo" e acaba por verticalizar e, consecutivamente, aumenta proporcionalmente a escala de análise. Ou seja, conforme a Classificação ou estruturação da paisagem que Bertrand (1972) sugere, inicia-se a partir de uma escala planetária, abrangendo os grandes biomas até chegar em uma escala cujos detalhes aumentam (Geossistema, Geofácies e Geótopo), servindo para um melhor planejamento tanto de escala regional como local.

A primeira Unidade Superior sugerida pelo método é a Zona, cuja característica principal é o tipo de clima em escala macro e torna-se como destaque o bioma, enquanto representação e proporcionalidade no planeta.

A **zona** que a área de estudo se encontra é caracterizada principalmente pelo clima quente e úmido, característico de Floresta Equatorial. É uma zona cujo domínio morfoclimático é capaz de sua própria retroalimentação, mantendo em equilíbrio dinâmico todo o sistema natural. Por se tratar de uma zona, cuja característica marcante é o clima quente e úmido, o bioma amazônico destaca-se também por vasta diversidade faunística e florística.

O **domínio** morfoclimático destacado para a região conforme muitos autores, dentre eles Ab'Saber (2007), é definido como domínio de terras baixas florestadas, enclausurado entre grande barreira imposta pelas terras Cisandinas e pelas bordas dos Planaltos Brasileiro e Guianense.

> A posição geográfica da Amazônia resultou uma fortíssima entrada de energia solar, acompanhada de um abastecimento quase permanente de massa de ar úmida, de grande estoque de nebulosidade, de baixa amplitude térmica anual e de ausência de estações secas pronunciadas em quase todos os subespaços regionais. Apresenta-se com um clima úmido e cálido, com temperaturas altas, porém suportáveis, chuvas rápidas e concentradas, muitos períodos desprovidos de precipitações e raros dias de chuvas consecutivas (Ab' Saber, 2007).

Para muitos o clima da Amazônia é considerado um dos mais homogêneos e de ritmo habitual mais constante de todo o Brasil intertropical. Entretanto, na Amazônia brasileira temos índices de precipitação que variam de 1600 a 3600 mm em uma espaço geográfico aproximado de 4,2 milhões de quilômetros quadrados. No sul da Amazônia, onde se concentra a área de estudo, sendo considerada como faixa de fronteira entre Brasil e Bolívia, destaca-se entre as regiões do bioma Amazônico com índices pluviométricos que variam de 2200 a 2500 mm.

Em se tratando da **Região Natural** a Amazônia está inserida na faixa drenada pelos rios Amazonas, Araguaia- Tocantins, Orenoco, Essequibo e outros menores. E é considerada a área da América do Sul coberta predominantemente por florestas tropicais, numa cota inferior a 1.500m acima do nível do mar, onde a variação média de temperatura dificilmente passa de 2º C, a média das horas de sol entre o dia mais longo, e o dia mais curto pouco varia (CAUPER, 2006).

Chove no mínimo 1.500 mm/ano e pelo menos 130 dias/ano, e a umidade relativa do ar é, em geral, superior a 80% na maior parte do ano. O clima não é uniforme, pois há regiões onde se encontra estação seca, longa e bem definida, com baixa umidade relativa do ar (típico de Cerrado), e outros superumidos, quando praticamente não existe estação seca (MEIRELLES FILHO, 2004).

Então, durante os últimos 50 milhões de anos a Amazônia tornou-se uma imensa região natural apresentando grandes áreas úmidas e imensos lagos nos últimos 12 mil anos. Com base na geologia da área e o processo de evolução do relevo pode-se compreender, em escala considerada macro, que a Amazônia é uma imensa planície e também uma bacia sedimentar, resultado da movimentação e/ou dinâmica da geologia e durante um longo período. Nesse sentido, a proximidade com a linha do Equador determina o clima da região, que somado à dinâmica geológica promovem toda a diversidade biológica, tanto pelo tipos de solo característicos da região, quanto pela biodiversidade exuberante.

5.2 Unidades Inferiores: Geossistemas e EUPSR

Conforme metodologia proposta por Bertrand a definição de Geossistemas é realizada por meio do potencial ecológico (clima, hidrologia e geomorfologia), pela exploração biológica (Vegetação e Solo) e Ação Antrópica (uso da terra). Desse modo, por meio de adaptações realizadas entre a análise de geossistema de Bertrand e a EUPSR foi possível qualificar e classificar a paisagem, bem como, quantificar as taxas de potencialidades erosivas do meio natural (sem e com intervenção antrópica), além de projetar cenários futuros que podem estar muito próximos de serem consagrados.

5.2.1 Potencial Ecológico do Geossistema: Fator Chuva

Em se tratando de um elemento potencial ecológico o clima é definido como equatorial, sendo quente e úmido o que terá grande respaldo no desenvolvimento da vegetação predominante na área de estudo, ou seja, além das características de temperatura e umidade relativa do ar, os índices pluviométricos que variam de 1600 à 1900 mm anuais definem a vegetação como dependente dessa abundância de água precipitada, pois a manutenção do porte arbóreo e a retroalimentação da floresta somente são possíveis com a combinação de todos esses fatores que caracterizam a vegetação de boa parte da Amazônia Ocidental.

A Erosividade da região apresenta índices muito elevados, principalmente nos períodos de forte precipitação. A intensidade das precipitações que ocorrem na área leva a considerar o fator *R* como Fraco, o que aparentemente não acarreta maiores problemas, mas, em se tratando do efeito *splash*, que por sua vez, desagrega as partículas de solo, temos um aumento significativo na alteração e na capacidade de retenção de nutrientes e as vezes grandes modificações do relevo em curtos intervalos de tempo. Assim, se considerarmos os eventos pontuais extremos de precipitação que também podem ser calculados e mensurados, o valor da intensidade pode aumentar consideravelmente. O Quadro 04 mostra um comparativo das classes de erosividade.

Classes de Erosividade	Valores de R (Mj. Mm/ha.h.mês)
1 - Fraca	R < 250
2 – Moderada	250 < R < 500
3 – Moderadamente Forte	500 < R < 750
4 – Forte	750 < R < 1000
5 - Muito Forte	R > 1000

Quadro 04: Classes de erosividade
Fonte: Adaptado de Carvalho (1994)

Desse modo, os índices mensais calculados para a bacia do rio Mutum-Paraná mostram-se pouco elevados, mesmo em períodos onde ocorre o aumento das chuvas, e com precipitações concentradas e de intensidade média, conforme Quadro 05.

Mês	Erosividade Média (Mj. Mm/ha.h.mês)
Janeiro	216,73
Fevereito	193,14
Março	188,09
Abril	101,50
Maio	70,02
Junho	50,75
Julho	49,50
Agosto	50,81
Setembro	65,18
Outubro	83,56
Novembro	148,66
Dezembro	156,01

Quadro 05: Erosividade mensal calculada para a bacia
Organizado por Michel Watanabe

De acordo com os dados de erosividade, de Outubro à Abril, os índices de erosividade são os mais altos encontrados na bacia, o que de certa forma seguiu o padrão dos períodos de precipitação da série histórica estudada.

Conforme Figura 05, a erosividade anual calculada para a bacia mostra-se com níveis fracos, e uma valor médio anual de 1373,95 (MJ.mm/ha.h.ano), acompanhando os níveis de pluviosidade da região. Entretanto, a erosividade, em boa parte da Amazônia Ocidental, poderá intensificar o processo de erosão no potencial natural de erosão – PNE, sendo determinante em regiões que apresentem maior fragilidade Natural e que intensificam-se ainda mais com o uso da terra inadequado.

Entre os meses de Maio à Setembro tem-se uma diminuição de praticamente 50% dos índices de erosividade, justificado pela diminuição dos níveis pluviométricos, denominado período de estiagem. Isso melhora significativamente, em termos de perdas de solo, algumas regiões mais vulneráveis, pois o uso recorrente de queimadas na região, tanto por agricultores, quanto por pecuaristas removem a vegetação de médio e grande porte e deixam o solo exposto por determinado tempo, aumentando as áreas desprotegidas de cobertura vegetal.

O mês em que a erosividade é mais baixa é Julho, tendo um valor de 49,50 (MJ.mm/ha.h.mês), sendo considerado muito baixa de acordo com a classe de erosividade anual. O mês em que a erosividade é mais alta é Janeiro com 216,73 (MJ.mm/ha.h.mês), aumentando consideravelmente a taxa de erosividade anual da bacia.

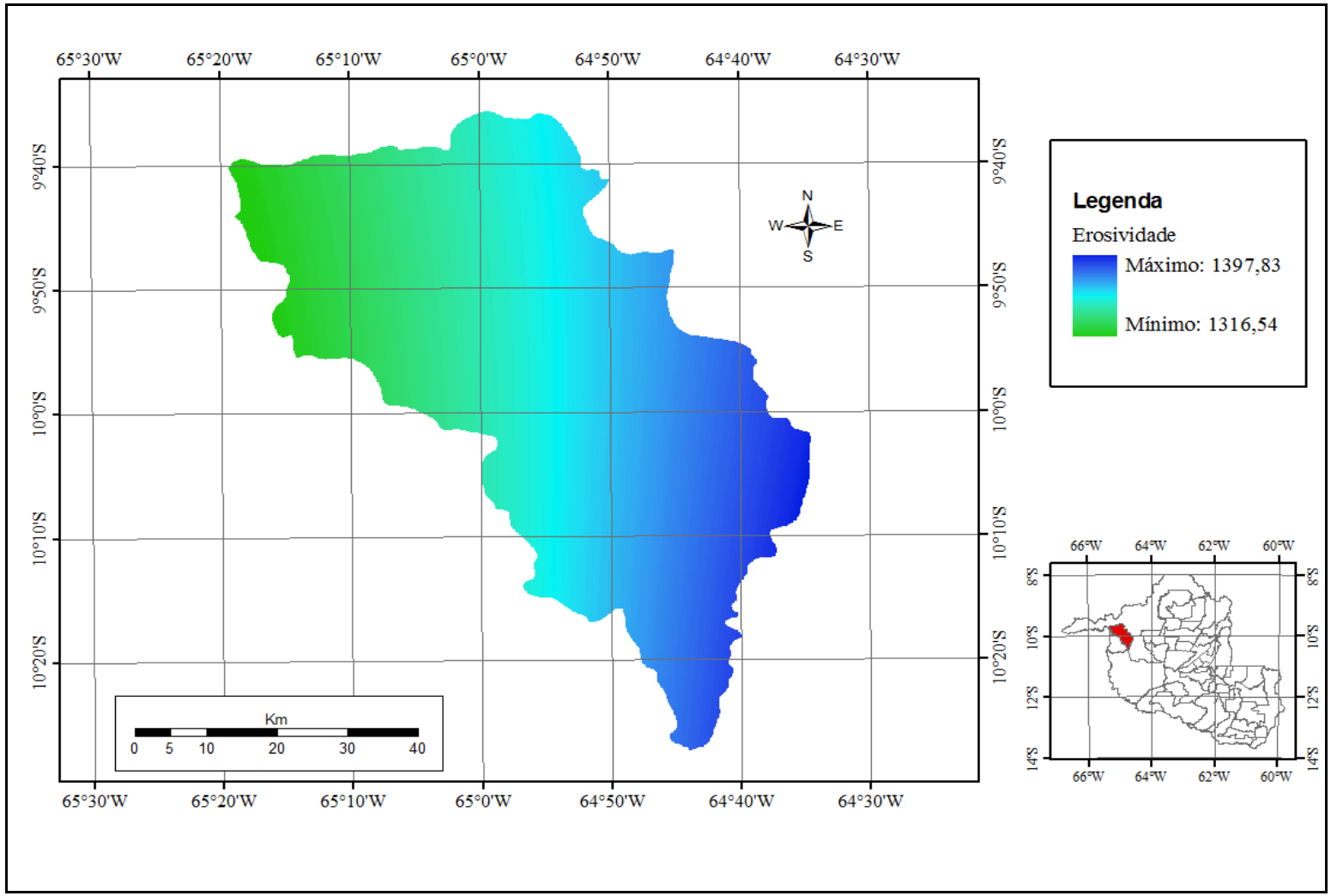


Figura 05: Cartograma correspondente à Erosividade Média Anual.
Fonte: Agência Nacional de Águas – ANA (2008)
Elaborado por Michel Watanabe (2010)

5.2.2 Geomorfologia: Fator Topográfico – LS

O Fator LS apresenta valores pouco influentes que, consecutivamente, geram índices de escoamento superficial baixos. A predominância do intervalo de (0-1), conforme Figura 06, mostra o quanto o fator pode influenciar positiva ou negativamente. A bacia também possui algumas concentrações de maior fluxo de acumulação que seguem as vertentes dos rios principais e boa parte dos secundários. A concentração acima de 7 graus do Fator Topográfico é notável, principalmente nas áreas de vertentes dos rios principais. Além de apresentar os maiores índices de declividade nota-se também que a influência geológica mostra-se moderadamente presente, uma vez que, a densidade de drenagem para certos trechos da bacia torna-se muito baixa, o que em alguns casos pode seguir falhamentos estruturais.

Em alguns trechos do rio Azul e do próprio rio Mutum-Paraná, principalmente no raio central da bacia, é possível verificar que parte dos rios encaixados são em fraturas, o que caracteriza um afunilamento da área a montante drenada, o que aumenta significativamente a velocidade e o volume de água escoado.

Assim, nos lugares onde ocorrem a maior concentração de rios, o que apresenta alta densidade de drenagem percebe-se que a maior parte da área é de rocha sedimentar. Desse modo, foram notadas duas formas distintas, mas que em certos pontos convergem quanto ao grau de vulnerabilidade. A primeira é por se tratar de uma geologia estável, mas que diminui bastante a densidade de drenagem, e com o uso da terra inadequado acaba se tornando muito vulnerável, principalmente no que diz respeito ao escoamento superficial. No segundo caso, a predominância de rocha sedimentar o que por sua vez, aumenta a quantidade de rios e também de nascentes mostra-se um pouco mais agravado por se tratar de um trecho bem mais acidentado, com solos mais susceptíveis à erosão e com o uso da terra sem controle racional.

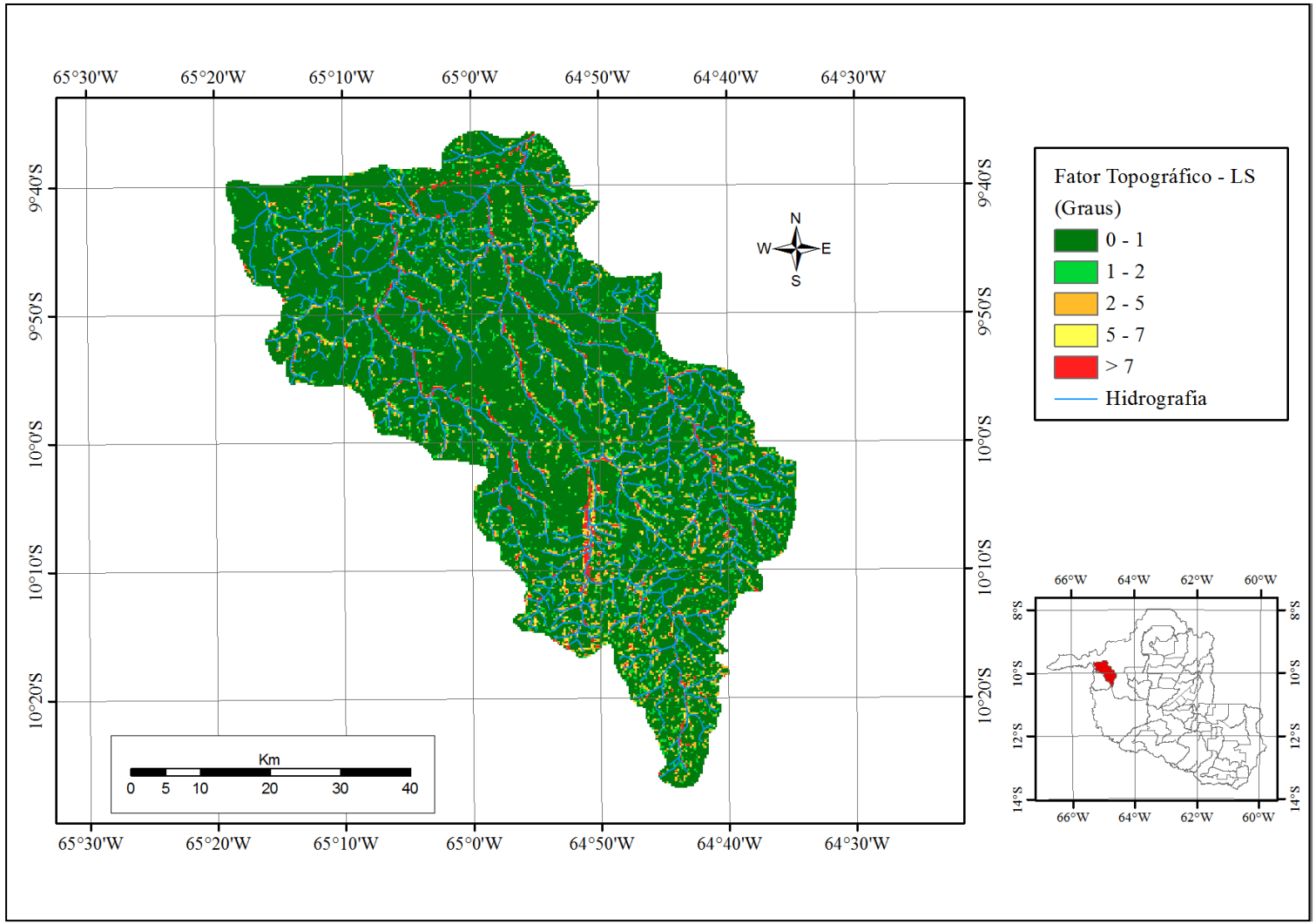


Figura 06: Cartograma correspondente ao Fator Topográfico – LS da bacia do rio Mutum-Paraná.
Fonte: Shuttle Radar Topography Mission – SRTM (2008)
Organizado por Michel Watanabe (2010)

O que justifica a área de concentração maior que 7 graus no centro sul da bacia é o fato da zona deter dos maiores índices de declividade que variam de 15 à 45 graus. Essa é uma área que está sobre uma base metamórfica encaixada em uma fratura, apresentando uma área encachoeirada e de difícil navegação fluvial, acarretando numa área cujo fator topográfico é muito vulnerável, devendo ser aplicadas políticas concentradas de Gestão Ambiental, além da aplicação da legislação pertinente às APP's.

A Figura 07 ilustra a quantificação da influência do fator topográfico em relação à área da bacia, onde também é possível verificar a predominância do intervalo que varia de 0-1 graus é majoritário devido a baixa declividade que a região apresenta, o que caracteriza a bacia com poucas oscilações no relevo.

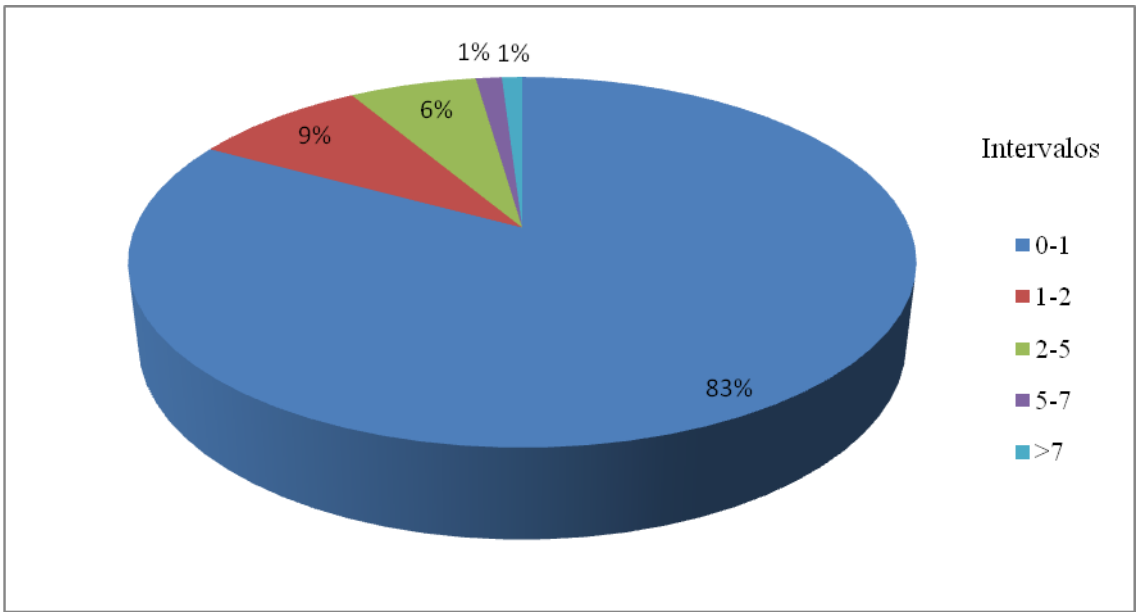


Figura 07: Quantificação da Topografia
Organizado por Michel Watanabe

A representatividade em extensão da bacia do rio Mutum-Paraná para os padrões Amazônicos é muito similar, onde verifica-se muitas compatibilidades em relação ao relevo em questão, principalmente no que concerne à parte sul da Amazônia brasileira. Essa característica plana pode nos remeter para alguns equívocos, dentre eles, o fato de que a região ser plana não significa que os índices erosivos sejam baixos, pois, em virtude de a região estar concentrada em uma grande bacia sedimentar, com solos arenosos e inconsolidados, podemos encontrar altos graus de instabilidade.

5.2.3 Exploração Biológica: Fator Solos

Os dados de erodibilidade dos solos foram adquiridos a partir de informações digitais de classes de solo do PLANAFLORO, juntamente com valores e características físicas adquiridos na revisão bibliográfica. Entretanto, para um maior nível de detalhe se faz necessário o levantamento dos solos da bacia com suas devidas características como supõe o método de Bertoni e Lombardi Neto (1999), permitindo o cálculo do valor de K mais aproximado. Em se tratando dos solos temos uma grande parte considerada como Latossolo Vermelho Amarelo conforme figura 08, o que caracteriza a região como sendo de baixa fertilidade natural, necessitando, em alguns casos, de muitos insumos para a produção de grãos, como indica a aptidão agrícola da região. Entretanto, as finalidades para as quais as áreas de Latossolos são utilizados configuram a região ainda mais vulnerável, elevando solos pouco vulneráveis para índices acima do normal.

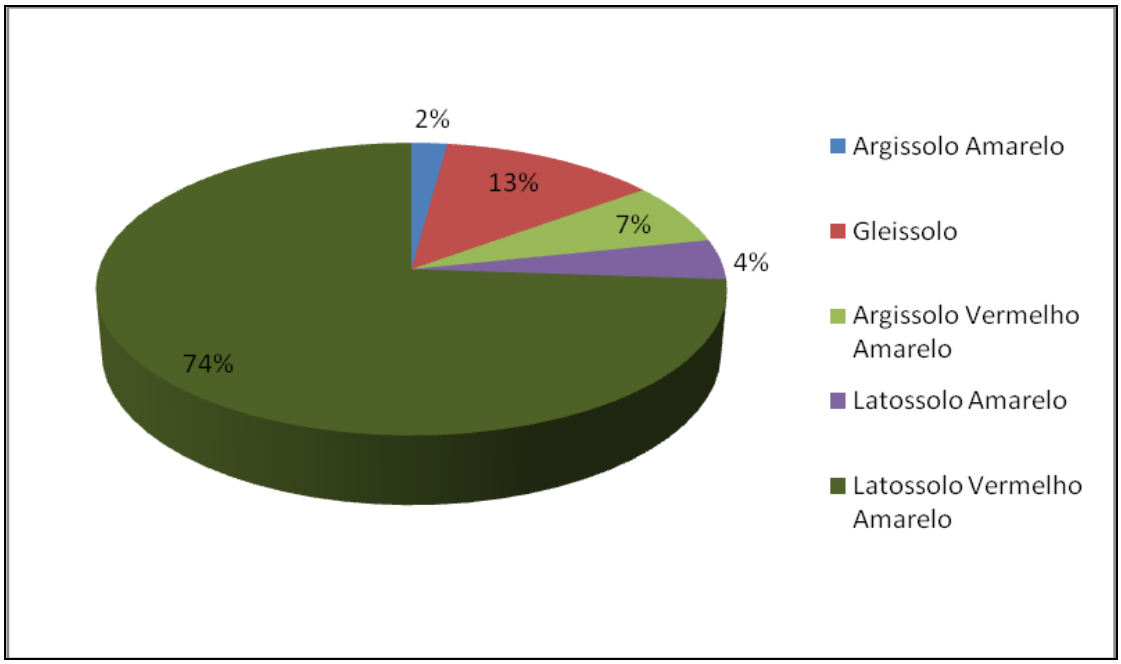


Figura 08: Quantificação dos tipos de solo na bacia do rio Mutum-Paraná.
Fonte: PLANAFLORO, 2001.
Organizado por Michel Watanabe

Nota-se que a maior parte dos solos, aproximadamente 74% ou 258879,89 ha é de Latossolo Vermelho Amarelo, conforme Figura 09, o que apresenta boa estabilidade estrutural, comparada com os outros tipos de solo. Quando mantida a vegetação original ou contida a intensidade da erosividade, essa predominância certamente caracterizará uma mancha de solo que terá pouca influência nos índices erosivos, por se tratar, de acordo com a descrição, de um solo bem mais estruturado e consolidado.

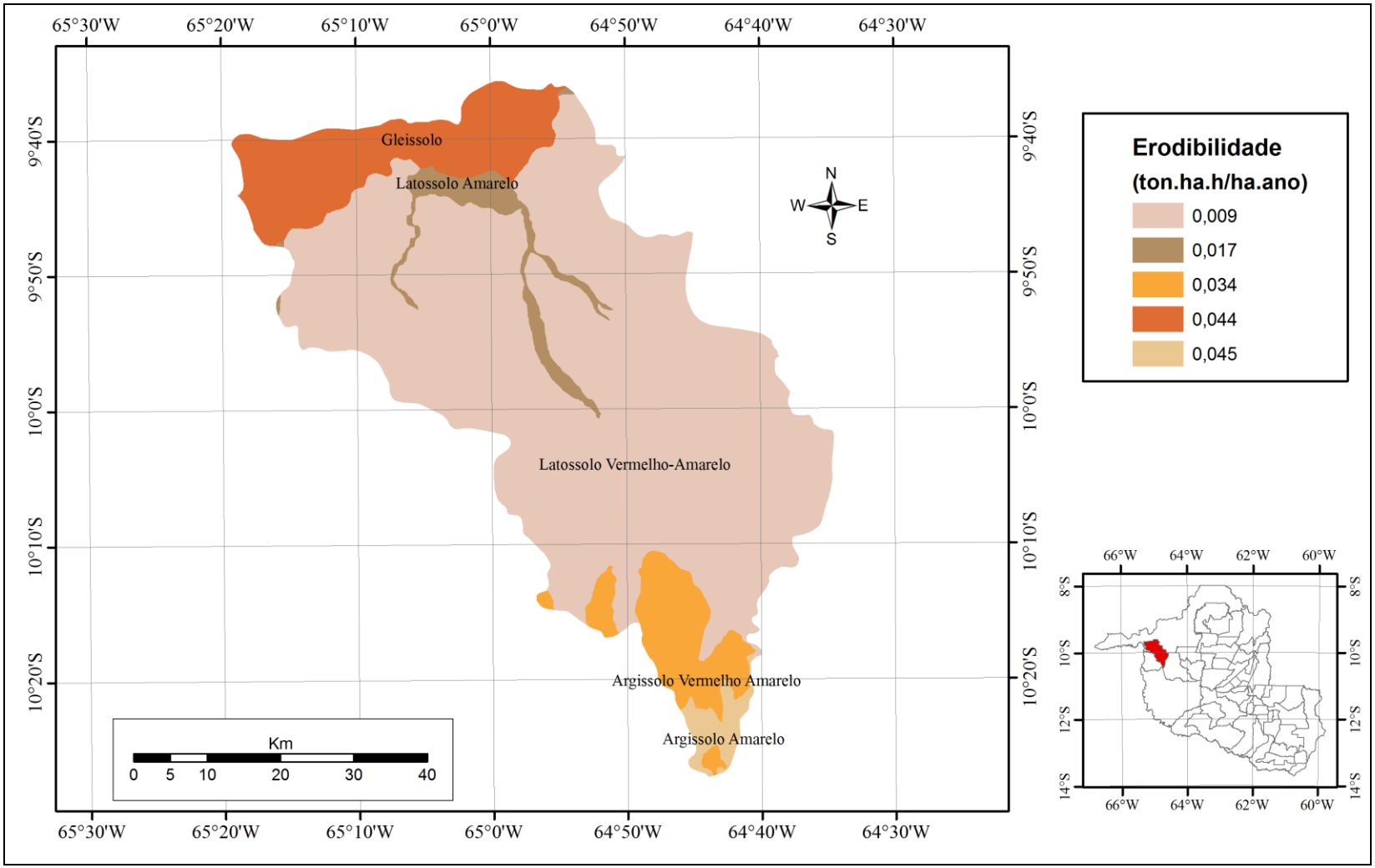


Figura 09: Cartograma correspondente à Erodibilidade dos solos.
Fonte: PLANAFLORO, 2001.
Organizado por Michel Watanabe.

Os resultados de Erodibilidade dos solos foram aferidos de acordo com trabalhos de Bertoni & Lombardi Neto (1999) e outras referências compatíveis com os tipos de solo encontrados na região da bacia. Cabe aqui ressaltar que para resultados mais precisos dos índices de Erodibilidade faz-se necessário o estudo verticalizado para as componentes do solo.

5.2.4 Ação Antrópica: Fator Cobertura Vegetal

Ao realizar a classificação do uso da terra, por meio de análise espacial constatou-se a área de estudo possui grande parte de vegetação nativa, cerca de 65,9 % da área, o que a caracteriza com bastante vegetação nativa. O uso como pastagem é resultado principalmente das políticas territoriais destinadas para Rondônia conforme figura 10, ou seja, a maior parte das propriedades que detém deste uso é gerenciada pelo pequeno produtor, provenientes de projetos de assentamentos agrários no Extremo Oeste do Estado.

A pecuária é o setor que mais se expande na região, promovendo o desmatamento e a exposição parcial dos solos, acarretando em altos índices de perda de solo por erosão hídrica. Para cada classe encontrada na área de estudo foi dado um valor para o fator (C), adaptados de Cunha (1997), Tomazoni *et. al.* (2005), Checchia (2005), Bertoni & Lombardi Neto (1999) e Farinasso *et. al.* (2006), conforme descrito na metodologia.

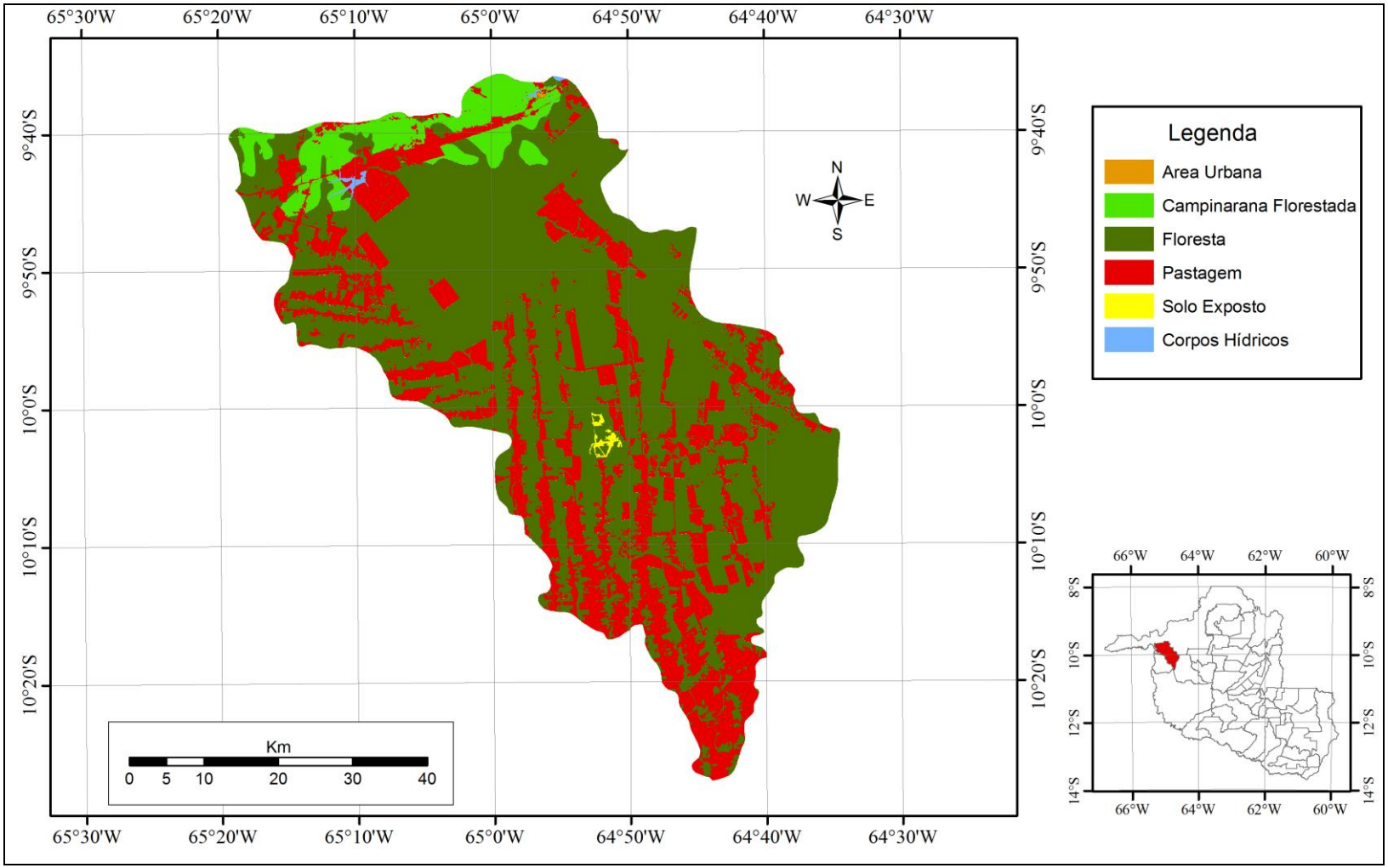


Figura 10: Cartograma do Uso e Cobertura da bacia.
Fonte: INPE (2009) e trabalho de campo (2010).
Elaborado por Michel Watanabe (2010).

A configuração territorial na região mostra-se muito dinâmica e ainda é movida por investimentos do Governo Federal, como o caso da construção das Hidrelétricas do Alto rio Madeira, especificamente a Usina de Jirau, que promove outro ritmo na região, acelerando e criando novos processos para a exploração dos recursos naturais, além de instaurar a competição por melhores terras e a expansão do setor madeireiro e posteriormente da pecuária para regiões ainda não exploradas.

A implantação das Hidrelétricas no Rio Madeira apresenta-se com forte tendência a promover migrações pela expectativa da mão-de-obra, desterritorialização das populações atingidas e, intensificação das atividades pecuária, madeireira e de grãos, bem como, a restrição de outras, a exemplo do garimpo e da pesca. Ao tempo em que deverá ocorrer em maiores intensidades, à atração de empresas, aumento das demandas por serviços e estruturas urbanas, na sede da capital (CAVALCANTE, 2008).

A construção das hidrelétricas proporcionará, além da geração 6.450 MW de energia ao sistema nacional, a ampliação da navegação à montante de Porto Velho, através do rio Orthon Madre de Diós, Beni, Mamoré, Guraporé e rio Madeira onde, atualmente a navegação é inviabilizada, devido à presença de intrusões graníticas (NUNES, 2004).

5.2.5 Fator Manejo do Solo

Em virtude de a bacia apresentar boa parte de sua vegetação ainda preservada e áreas destinadas principalmente como pastagem, não foram utilizados métodos de manejo do solo como prevê a EUPSR, visto que a agricultura na região é de subsistência.

5.3 Potencial Natural de Erosão – PNE

O resultado do potencial natural de erosão apresenta alta susceptibilidade à erosão da bacia, principalmente em regiões cujos tipos de solos são menos estruturados, como é o caso dos Argissolos e Gleissolos, encontrados no Sul e Norte da bacia, respectivamente. A maior extensão dos intervalos mostra como o PNE pode agir,

acarretando grandes perdas de solos, caso haja uma devastação na cobertura vegetal da bacia.

Nota-se, portanto, que naturalmente a bacia é uma área vulnerável, tendo algumas alternâncias quanto ao elemento natural de destaque para com a susceptibilidade, ou de maior expressão espacial, conforme Figura 11. Nas regiões de concentração de nascentes, principalmente, na parte sul da bacia verifica-se um maior potencial de erosão, o que entra em contradição com o uso da terra na região, derivada de antigo projeto de colonização. Portanto, são duas justificativas que temos para definir essa área como vulneravel, sendo a primeira a vulnerabilidade natural ou potencialidade natural e a segunda a área de nascente que congrega a região, que serve de abastecimento para o restante do sistema da bacia do rio Mutum-Paraná.

Por meio de ambiente SIG e auxílio da extensão *raster calculator do software ARCGIS*, o valor calculado de perda de solo PNE foi de 10,479 ton/ha.ano, o que indica alto nível de vulnerabilidade da região, ou seja, apesar de baixos índices de declividade, são outros elementos do sistema que tornam a área instável, sendo-os: as chuvas e os tipos de solo. Nesse sentido, de acordo com a prática que se instale ou se expanda na região, poderá amenizar ou piorar tais valores, o que nos remete a pensar em um melhor planejamento da área em questão.

Mesmo notando uma maior representação espacial entre os índices 0 e 1000 ton/ha.ano, é importante destacar que tais valores estão muito acima do uso predominante e atual da região, servindo de comparação entre os usos calculados e de base para o entendimento do agravamento máximo da região.

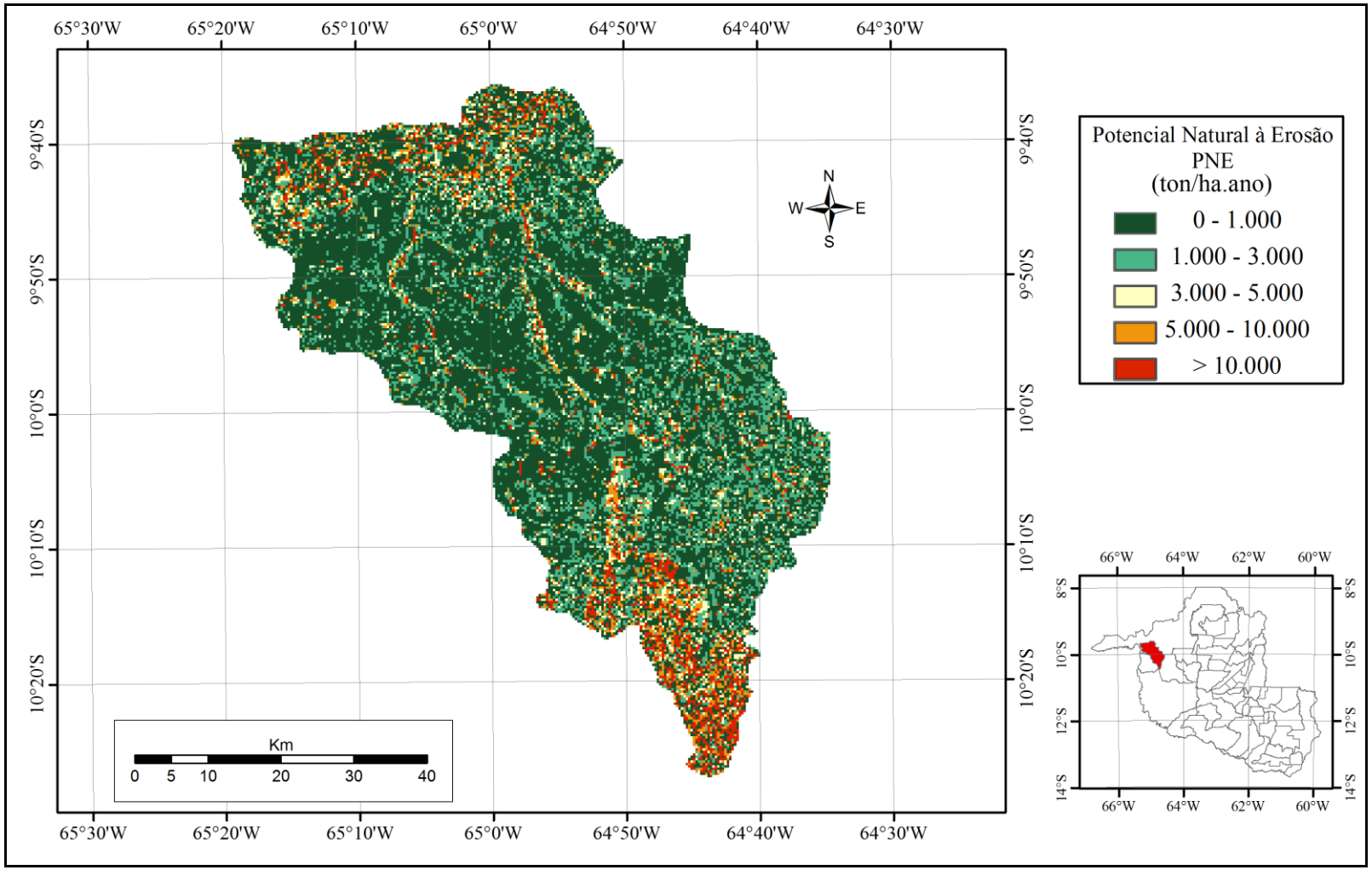


Figura 11: Cartograma correspondente ao Potencial Natural de Erosão da bacia.
Fonte: PLANAFLORO, 2001.
Organizado por Michel Watanabe

As taxas que predominam na região, conforme figura 12, mostra que aproximadamente 65% da área apresenta-se com índices entre os menores intervalos. Tem-se também, uma concentração de perda de solo nas vertentes que compreendem os principais rios, tais como o Rio Cotia, Rio Água Azul e Rio Mutum-Paraná, o que enfatiza as políticas de proteção das Áreas de Proteção Permanente – APP's. Desse modo, com a intensificação de usos inadequados nas áreas das principais drenagens teremos altos índices de assoreamento em curto intervalo de tempo, implicando na diminuição da quantidade de água nos canais de maior vazão.

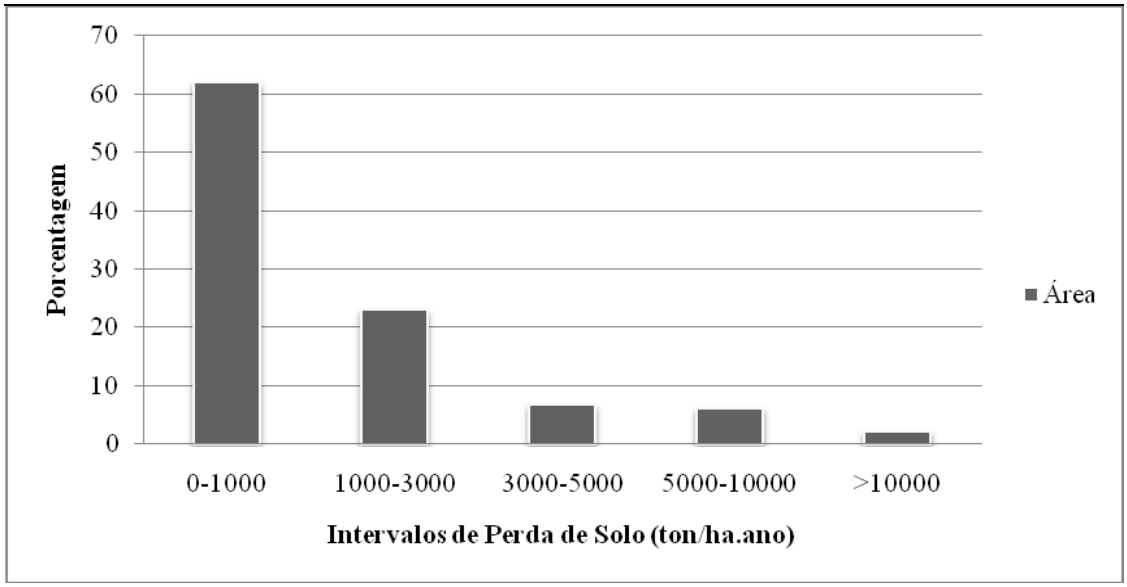


Figura 12: Taxa do Intervalo de Perda de Solo do Potencial Natural de Erosão da bacia.
Fonte: PLANAFLORO, 2001.
Organizado por Michel Watanabe

5.4 Perda de Solo Anual

A perda de solo anual calculada para o cenário atual da bacia é de 0,937 ton/ha.ano. O uso que impulsiona tal resultado é principalmente a pecuária extensiva/intensiva, com uso de pastagem que se estende para boa parte das propriedades. Esse valor corresponde a 26,68% do total da área de estudo, ou seja, 93475,64 ha, o que é um valor bastante expressivo para uma região que apresenta altos índices de Vulnerabilidade Natural à Erosão.

Confirmando o que o PNE apresentou nos resultados anteriores, a perda de solo anual está concentrada no norte e sul da área de estudo, destacando os elementos que definem os índices de vulnerabilidade natural a erosão como sendo a chuva e os tipos de

solo. Nessas áreas os usos deverão ser restritos, pois a rentabilidade que atualmente se pode ter, acarretam em maiores investimentos para correções do solo, bem como, insumos e até mesmo restrições nos usos que atualmente estão instalados na região.

Correspondendo a 2,92%, ou seja, 10230,46 ha da área total, o intervalo de 50 ton/ha.ano concentra-se nas regiões de Gleissolo e Argissolo. No Caso das regiões de Argissolo temos alguns agravantes que não se restringem apenas ao tipo de solo, o que pode ser verificado na Figura 13. A pior região agravada está concentrada nas zonas de cabeceira da bacia, que abastecem os canais principais, além de se tratar de uma área muito ocupada, resultado de Projetos de Assentamentos e, principalmente, do Projeto Integrado de Colonização Sidney Girão, instalado na região em meados dos anos 70, por meio das políticas que incentivaram a colonização do Estado de Rondônia e que atualmente utilizam-se da extração de madeira e da pecuária, avançando para áreas ainda mais vulneráveis e que deveriam ser preservadas.

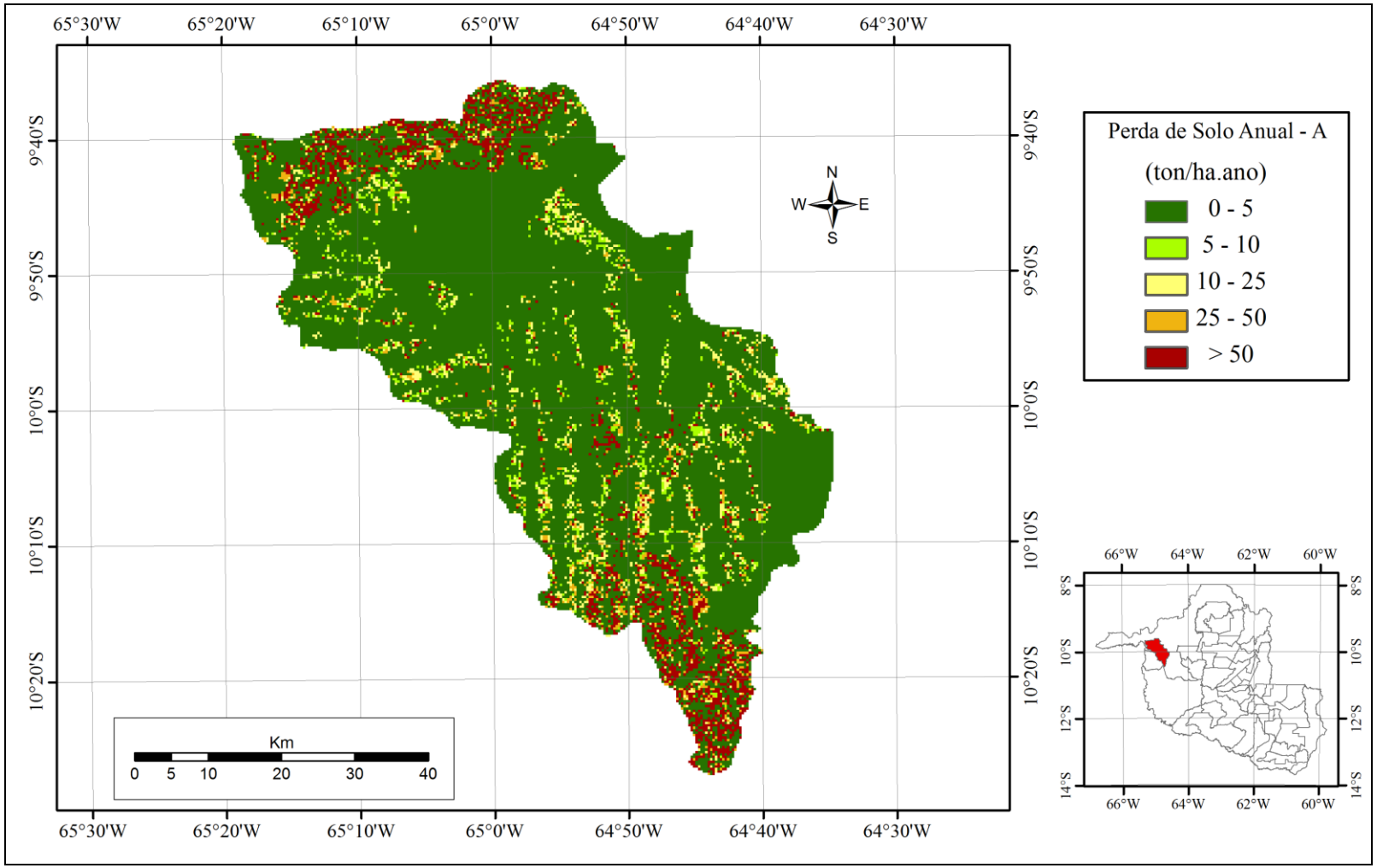


Figura 13: Cartograma da Perda de Solo Anual - A da bacia (Cenário Atual)
Fonte: PLANAFLORO, 2001 e Trabalho de Campo (2010).
Organizado por Michel Watanabe

De acordo com a Figura 14 temos valores que podem confundir a interpretação e que se mal compreendido nos remetem à equívocos na hora de planejar. Mesmo apresentando um maior valor entre os intervalos de 0-5 ton/ha.ano percebe-se que a erosão está concentrada nas áreas de maior instabilidade, em aproximadamente 15% da área de estudo, correspondente ao norte e sul da bacia.

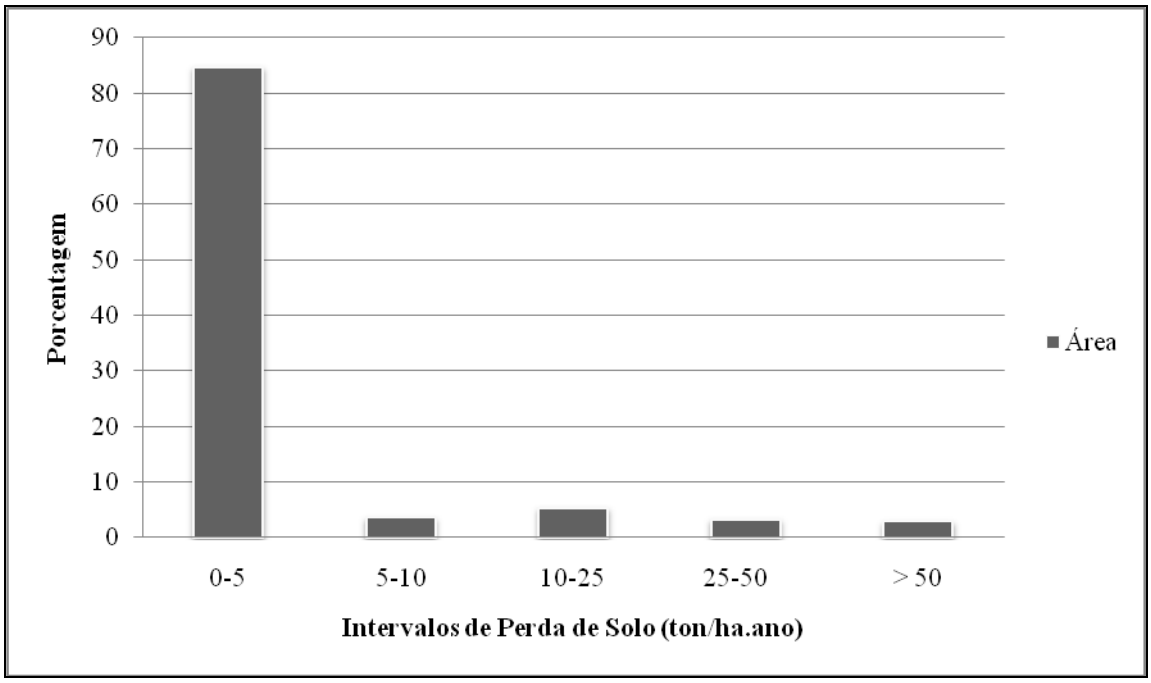


Figura 14: Taxa do Intervalo de Perda de Solo Real da bacia.
Fonte: PLANAFLORO, 2001 e Trabalho de Campo (2010).
Organizado por Michel Watanabe

Quanto ao uso predominante (Pecuária) e da pastagem temos uma concentração de erosão cujos intervalos variam de 10-25 ton/ha.ano representando 5,41% da área, ou seja, 18954 ha do total da bacia. O uso atual mostra que mesmo em pequenas áreas de concentração, pode-se apresentar perdas de solo que superam a maior classe de uso da bacia, neste caso a floresta.

Sendo assim, diante dos resultados obtidos foram estabelecidos cenários que servem de comparação e para adoção de medidas mais conservadoras, considerando o uso de Floresta e Pastagem separadamente.

5.5 Cenário Simulado (Floresta)

Com as perdas de solo calculadas para o cenário simulado levando em consideração a vegetação original obtem-se resultados que chegam a 0,0141 ton/ha.ano. Desse modo, têm-se uma diferença significante entre o uso atual e o cenário proposto (Floresta) de 0,9229 ton/ha.ano, o que faz correspondência com apenas 24,01% da área total da bacia para o atual uso, alertando, assim, para a recuperação das áreas degradadas, principalmente em regiões que anteriormente foram planejadas de forma equivocada pelo INCRA, e que têm um avanço desordenado do homem para as regiões de floresta, especialmente nas regiões de cabeceiras, localizadas principalmente no sul da bacia, conforme Figura 15.

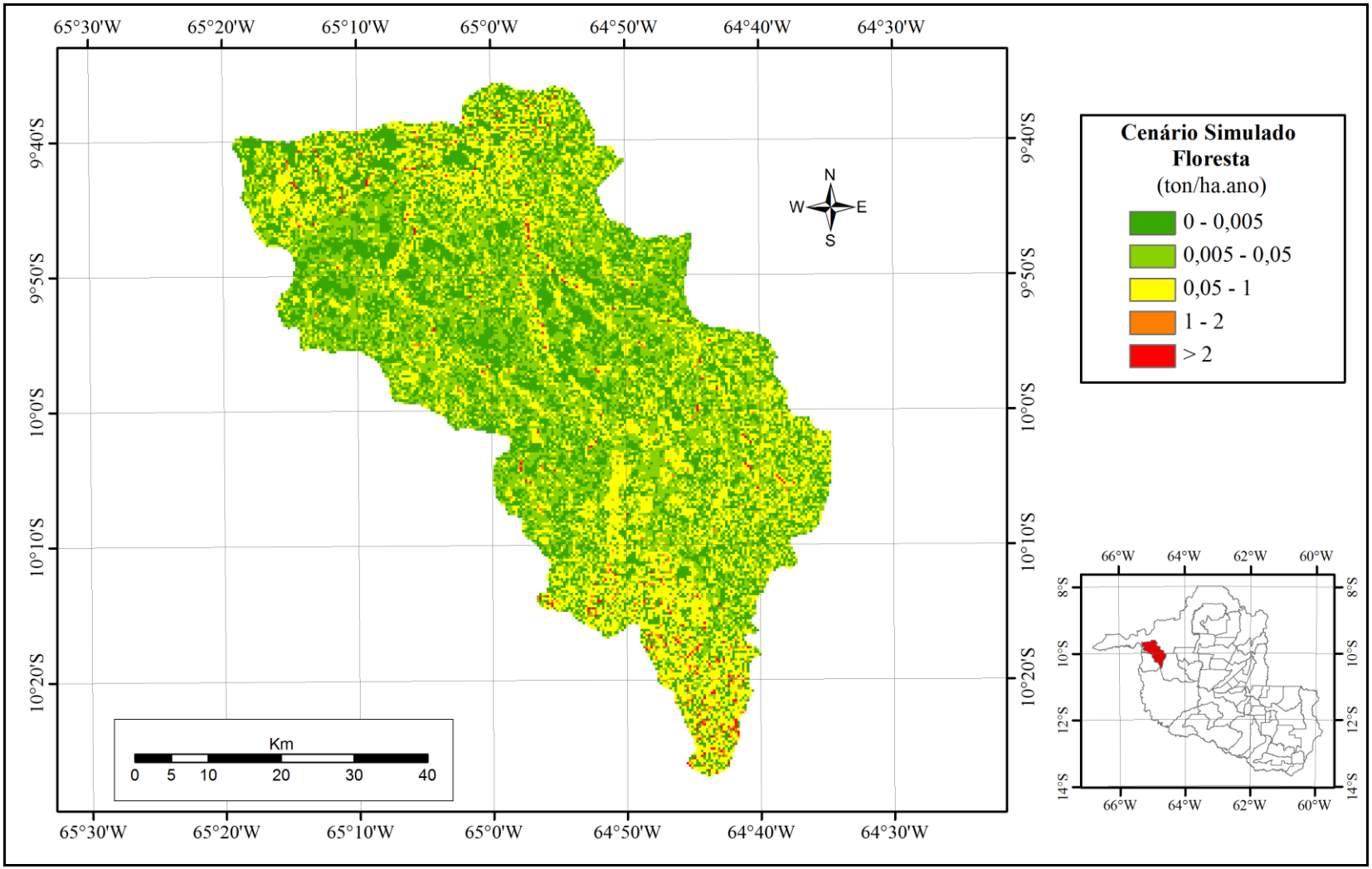


Figura 15: Cartograma do Cenário Simulado Floresta da bacia.
Fonte: PLANAFLORO, 2001 e Trabalho de Campo (2010).
Organizado por Michel Watanabe

Dentre todos os fatores da EUPSR que foram estimados, verifica-se que a Erosividade é a variável que determina as taxas de erosão com um valor anual acumulado de 1373,95 (MJ.mm/ha.h.ano). São resultados muito diferente dos encontrados em consulta bibliográfica, cujos estudos foram realizados nas regiões Litorâneas do Brasil, mas, que apresentou-se compatível com valores encontrados no Amazonas. A erodibilidade dos solos possui uma baixa influência para os índices erosivos, pois a maior parte da bacia é tomada por Latossolo Amarelo e o Latossolo Vermelho. Desse modo, como as diferenças nos valores de erodibilidade não mostram-se tão elevadas, obtem-se homogeneidade nos resultados. A topografia da área também não possui tanta influência, pois apresenta graus de declividade que predominam em até 5 graus. E a cobertura vegetal da área tem um grande papel, servindo de agente amortecedor das gotas de chuva, apresentando 72,13% do total da área como floresta minimizando os índices erosivos de boa parte da bacia, podendo ser averiguado na Figura 16.

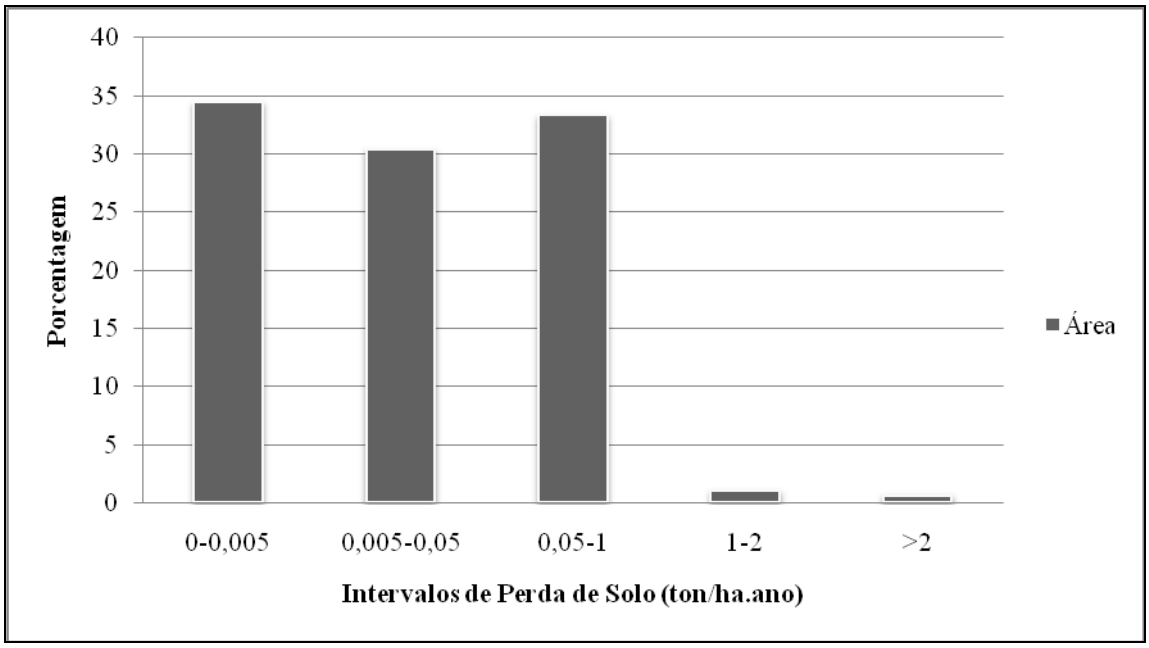


Figura 16: Taxa do Intervalo de Perda de Solo do Cenário Simulado Floresta da bacia.
Fonte: PLANAFLORO, 2001 e Trabalho de Campo (2010).
Organizado por Michel Watanabe

Os valores de erosão com a floresta recuperada são tão inexpressivos que na maior parte da área, cerca de 98,31%, ou seja 344437,45 ha possuem valores de perdas de solo menores que 1 ton/ha.ano, o que caracteriza a região em total equilíbrio no que se refere ao sistema natural. Nesse caso a floresta ombrófila é o que contribui para maior estabilidade ao sistema natural, ou seja, essa situação proposta seria a harmonia ideal entre os elementos naturais.

5.6 Cenário Simulado (Pastagem)

A perda de solo anual calculada para o cenário simulado como pastagem da bacia é de 3,547 ton/ha.ano, ou seja, 2,610 ton/ha.ano maior que o uso atual da área.

A figura 17 apresenta espacialmente similaridade com PNE e com a perda de solo de uso atual, entretanto, os valores de perda aumentam, principalmente nas regiões que são mais vulneráveis. O uso de pastagem consolidada mostrou-se com maior acúmulo nas regiões mais vulneráveis, ou seja, nas regiões norte e sul da bacia, onde respectivamente correspondem aos Gleissolos e Argissolos.

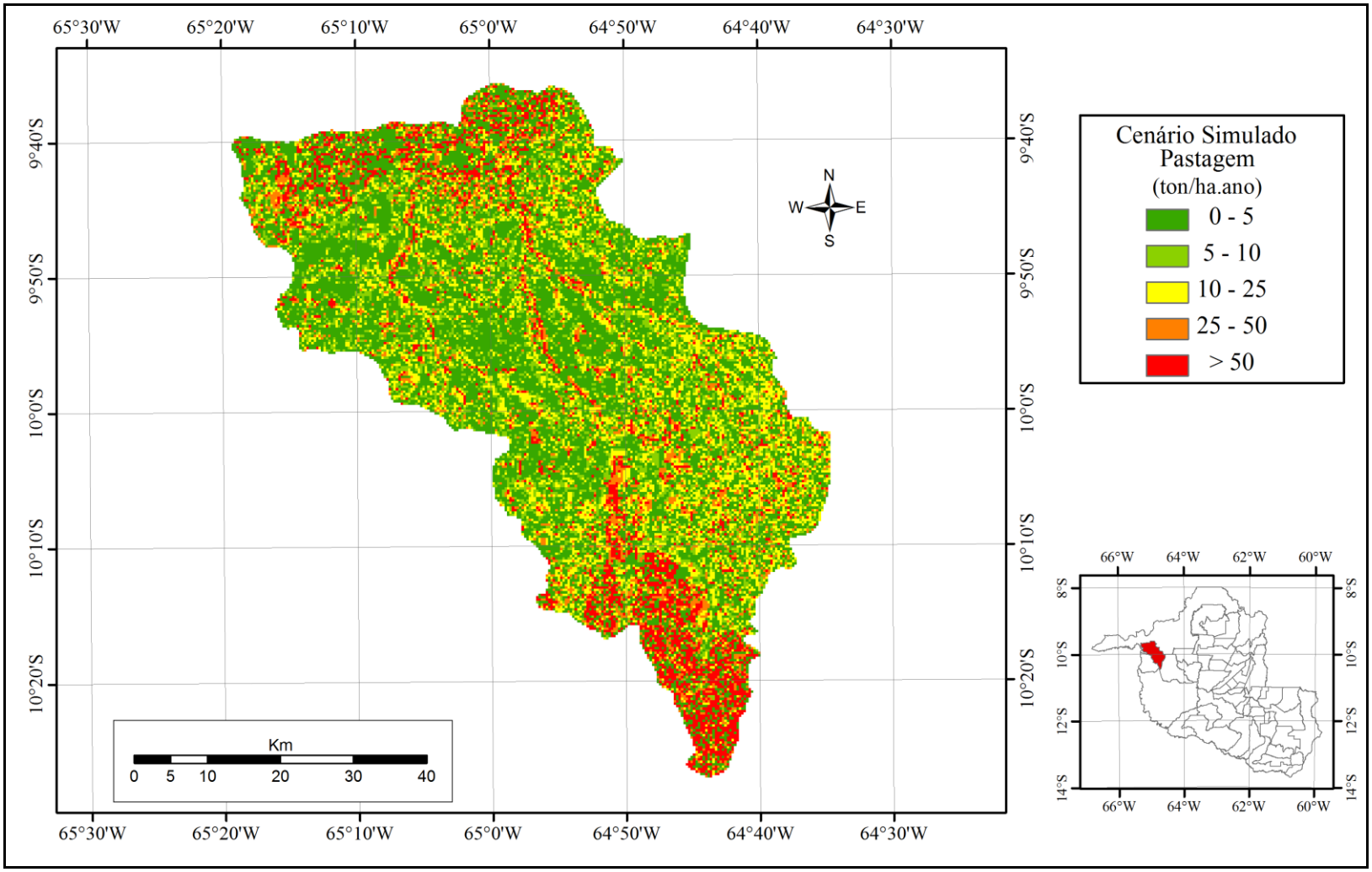


Figura 17: Cartograma do Cenário Simulado Pastagem da bacia.
Fonte: PLANAFLORO, 2001 e Trabalho de Campo (2010).
Organizado por Michel Watanabe

Desse modo, as perdas aumentam entre os intervalos que variam de 5 a 50 ton/ha.ano. Tais valores triplicam-se comparados ao uso atual, o que tornaria significativo o uso intensivo da pecuária na região, podendo promover em grandes perdas e maiores investimentos na região para a correção, restauração e regeneração do mínimo de fertilidade natural da bacia. Os valores apresentados mostram, comprovam e justificam que o uso intensivo por meio de pasto prejudica significativamente a região, promovendo problemas de caráter natural que atingem a economia e consecutivamente a sociedade, conforme figura 18.

De fato, as pastagens na Amazônia não permanecem produtivas por muito tempo, necessitando de outras áreas para consolidação. Para o produtor torna-se caro fazer a manutenção dessas áreas, o que não justifica a derrubada de novas florestas para a expansão, mas que acaba sendo mais rentável para o investidor. A fim de atender os anseios das políticas nacionais para a Amazônia, a região passa a mascarar o verdadeiro significado da economia regional, tornando as pressões e demandas internacionais como justificativas para o avanço do gado para novas áreas (FEARNSIDE, 1979; HECHT, 1982; SERRÃO, 1990).

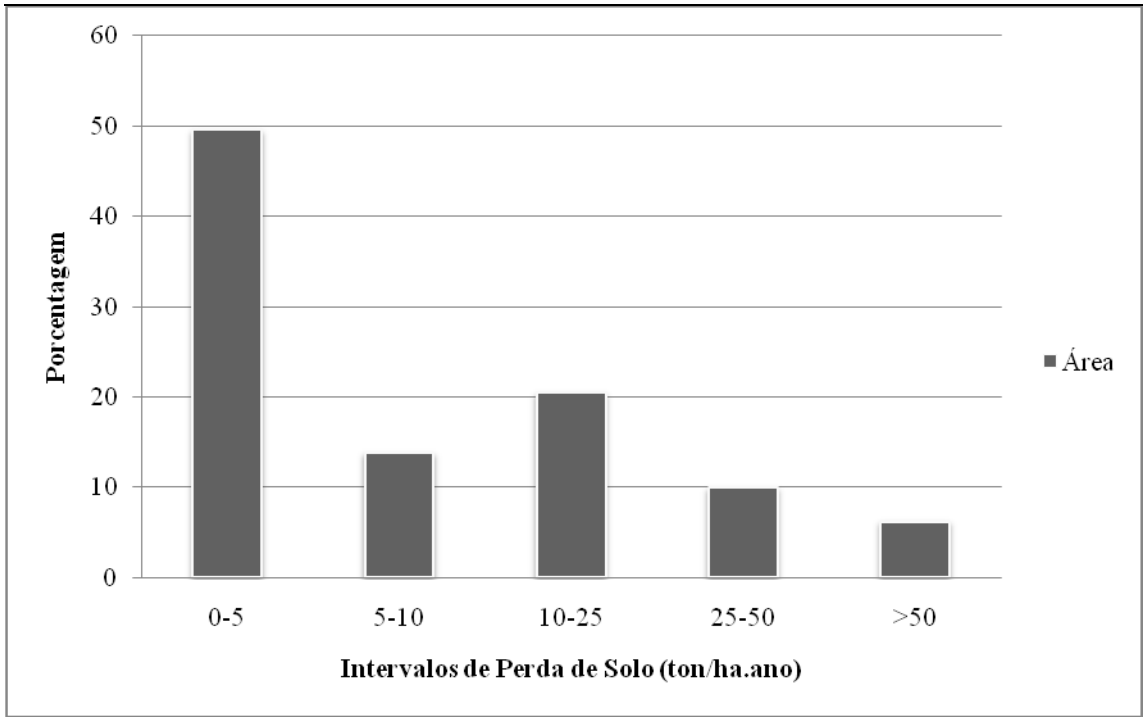


Figura 18: Taxa do Intervalo de Perda de Solo do Cenário Simulado Pastagem da bacia.
Fonte: PLANAFLORO, 2001 e Trabalho de Campo (2010).
Organizado por Michel Watanabe

A criação de gado aumenta a vida econômica de uma dada área e o retorno econômico é reduzido com o passar do tempo, mas para unidades de produção familiar

com baixa renda, sua importância não pode ser subestimada, devido aos custos de mão-de-obra a serem baixos e os rendimentos no volume de produção serem consideráveis (HECHT, 1993).

O que se percebe na bacia é o resultado de medidas econômicas voltadas para a região, que favorecem prioritariamente os grandes fazendeiros, por meio de maiores créditos, promovendo mais capital para investir em tecnologia, mantendo na maioria das vezes o cumprimento da legislação vigente. Oposto ao grande produtor, o pequeno produtor, no entanto, além de ter sua linha de crédito menor, enfrenta problemas do não cumprimento da legislação, onde muitas vezes é penalizado por falta de informações das essências das leis.

A região que possui maiores perdas de solo está concentrada onde atuam o pequeno agricultor, mostrando um dos resultados negativos dos projetos de assentamento que modificaram o contexto ambiental da região, e que confirmam a má atuação dos órgãos responsáveis pela Gestão Ambiental.

Importante frisar que o contexto de ocupação da área de estudo foi através de planejamento, possuindo um mínimo de gerenciamento territorial com o INCRA, o que implica afirmar que mesmo com a atuação mínima do Estado, não estamos muito longe de alcançar o ápice da degradação ambiental na região. A pequena diferença entre o uso atual e o cenário simulado como pastagem refletem uma política ambiental e de desenvolvimento sustentável muito longe do ideal.

5.7 Unidades de Paisagem

As Unidades de Paisagem identificadas e definidas para a bacia do rio Mutum-Paraná foram seis, e os critérios seguiram de acordo com a metodologia de Bertrand (1972), que levam em consideração o tipo de uso para a região e sua vulnerabilidade natural a partir da EUPSR, conforme Figura 19. O presente estudo iniciou-se com o levantamento dos elementos componentes da paisagem natural, destacando-se o relevo, a cobertura vegetal, os tipos de solo e o uso da terra. Portanto, as análises desses elementos e sua posterior integração permitiram o reconhecimento e a classificação de diferentes unidades de paisagem na bacia do rio Mutum-Paraná, caracterizadas principalmente, por estruturas geoecológicas e socio-econômicas.

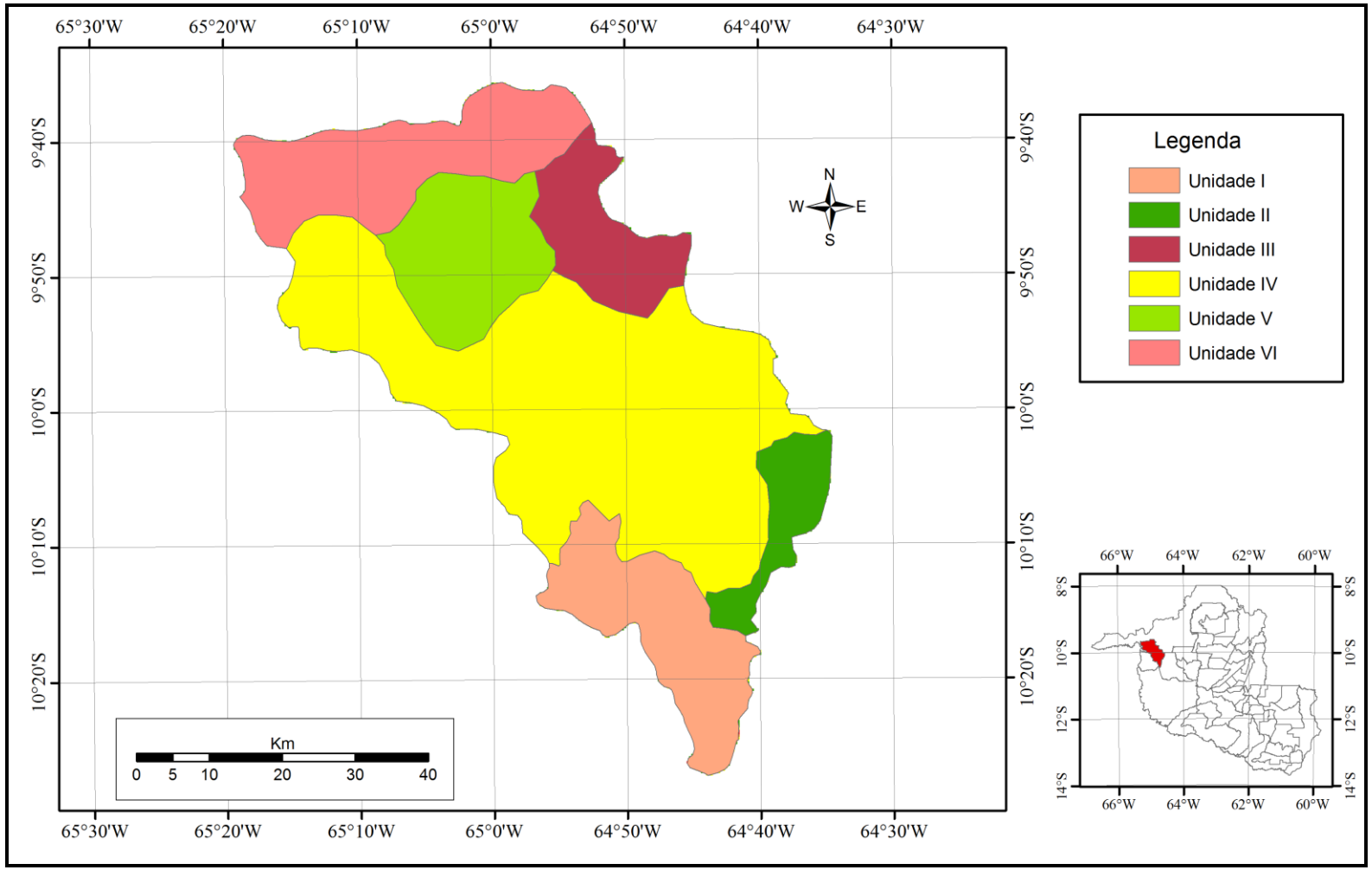


Figura 19: Cartograma de Unidades de Paisagem da bacia.
Fonte: PLANAFLORO, 2001 e Trabalho de Campo (2010).
Organizado por Michel Watanabe

As unidades de paisagens definidas nesta pesquisa destacam porções do espaço geográfico que apresentam características intrínsecas semelhantes, expressando as condições atuais do sistema em evolução. Desse modo, consideraram-se as descontinuidades espaciais objetivas, iniciando a partir da manifestação dos elementos mais evidentes como a geomorfologia, os tipos de solo, a vegetação e o uso da terra.

5.7.1 Unidade de Paisagem I

A UP I é a unidade que primeiro sofreu influência do processo de ocupação com o PIC Sidney Girão no ano de 1971 com capacidade de 686 famílias. Como os PICs se caracterizavam pelo tamanho de lote inferior aos PADs, do público atendido e da atuação dos órgãos públicos podemos chegar a algumas inferências. Apesar de seguir uma lógica de planejamento de acordo com o INCRA, essa região destaca-se dentro do Estado de Rondônia por amparar o único PIC foram do Eixo da BR-364, ou seja, uma região com acesso restrito e com baixo índice de investimentos por parte do Governo. Entretanto, a visão conservacionista só começa na década de 90 com o PLANAFLORO, por meio de uma aproximação da realidade regional, ou seja, mais informações por meio do aumento da escala de análise dos elementos naturais.

A partir do ano de 2000 alguns Projetos de Assentamento – PA são instalados na região influenciando diretamente nessa UP, sendo-os: PA Floriano Magno com capacidade de 257 famílias, e PA Esmosina Pinto com capacidade de 205 famílias, ambos no ano 2000. Já no ano de 2002 foi a vez do PA Igarapé Azul ser instalado com capacidade de 200 famílias. O elemento principal que difere essa paisagem é a forma de ocupação e consolidação que se deu neste ambiente, pois, mesmo sendo resultado de planejamento o índice de degradação passa a ser o mesmo que em outras frentes de ocupação não planejadas e posteriormente controladas, conforme figura 20.

Figura 20: Paisagens do Cenário Atual da bacia da UP I.
Foto: Michel Watanabe, 2010
Pastagem com nascente degradada.

Os fatores naturais que caracterizam a UP I são principalmente o tipo de solo e a declividade do terreno. Essa região está embasada na Suíte Intrusiva Alto Candeias e no Complexo Nova Mamoré. O relevo destaca-se por uma Unidade Denudacional com Superfície de Aplanamento e nível (<300m), com dissecação média e poucos *Inselbergs* e *Tors*, onde as taxas de declividade da área são bem maiores se comparadas às outras UPs. Apesar de apresentar poucas elevações é uma região de grande concentração de nascentes, e que apresenta uma média velocidade de escoamento superficial e também do fluxo dos Igarapés e dos rios principais. Nessa região estão concentrados os tipos de solos denominados Argissolos que são considerados de acordo com a EUPSR como mais susceptíveis à erosão, pois apresentam altas taxas de erodibilidade. O PNE dessa UP apresenta-se como 2,90 ton/ha.ano e a Perda de Solo Atual é de 0,180 ton/ha.ano. A vegetação é característica de floresta ombrófila, como na maior parte da bacia, o que elimina boa parte do potencial erosivo da área. A atividade econômica Pecuária somada à esses fatores naturais acarretam em grandes perdas ao meio ambiente, aumentando os custos para a manutenção da bacia.

5.7.2 Unidade de Paisagem II

A UP II é uma área que se apresenta com muita estabilidade, tanto em caráter do uso, por se tratar de Terra Indígena, quanto pelos elementos naturais. Entretanto, em virtude do avanço da pecuária na região da bacia e nas adjacências, a Terra Indígena Karipuna sofre grande pressão antrópica, facilitando os acessos próximos aos limites da área e por conseqüência problemas ambientais, bem como a exploração ilegal madeireira, instalação de pastagem e a propagação de grileiros e posseiros para o interior das áreas especiais.

O elemento natural que se destaca na região são as chuvas, apresentando índices pluviométricos que são em média 1900 mm anuais. O tipo de solo dessa Unidade é o Latossolo Vermelho Amarelo caracterizado como estável de acordo com os parâmetros de erodibilidade. O relevo é plano, com poucas oscilações nos índices de declividade e a vegetação da área destaca-se por ser de Floresta Ombrófila Densa, o que diminui os índices de erosividade provocados pelas chuvas concentradas e intensas, o que é característico da região. É, portanto, a região que se apresenta com os menores índices de vulnerabilidade e também, a que detém boa parte de seu equilíbrio natural. O PNE dessa UP é 0,35 ton/ha.ano e a perda de solo atual é de 0,030 ton/ha.ano, o que mostra a estabilidade deste ambiente.

5.7.3 Unidade de Paisagem III

A UP III tem suas características pouco diferenciadas da maior parte da área de estudo, apresentando como característica marcante a questão econômica, por se destacar como uma área de uso intensivo da pecuária, com altos investimentos para a manutenção da atividade atual. Trata-se, portanto, de uma área de latifúndios, característica da ocupação às margens da BR-364, conforme Figura 21.

Quanto à questão dos elementos naturais, a bacia está embasada na Suíte Intrusiva da Providência composta por granito rapakivi e também charnockito, mangerito e rochas máficas associadas. Apresenta relevo relativamente estável, com raras oscilações e com uma amplitude chegando próxima aos 120 metros, denominada como Unidade Denudacional com Superfície de Aplanamento. O tipo de solo definido é o Latossolo Vermelho-Amarelo, o que determina a área com médio potencial erosivo,

além de considerar as precipitações como intensas, com médias pluviométricas de 1900 mm anuais e uso intenso da pecuária, conforme resultados por meio da EUPSR. O PNE dessa UP é de 0,20 ton/ha.ano e a Perda de Solo Atual é de 0,060 ton/ha.ano, mostrando certa estabilidade.

Figura 21: Paisagens do Cenário Atual da bacia da UP III.
Foto: Michel Watanabe, 2010
Desmatamento recente para uso com Pecuária Extensiva.

5.7.4 Unidade de Paisagem IV

A UP IV possui a maior representação espacial dentre todas as outras UPs, tendo por característica principal o tipo de uso aplicado na região. O predomínio da atividade madeireira e o posterior uso promovem para essa região conflitos quanto à legalização de terras e a determinação exata das propriedades dos pequenos agricultores em relação aos grandes fazendeiros que fazem fronteira nessa região.

Essa Unidade apresenta um diferencial, no que diz respeito à ocupação, com relação ao restante das Unidades devido à duas frentes de ocupação que se destacam. De Oeste para Leste da bacia temos um processo de ocupação planejado com projetos de assentamento de responsabilidade do INCRA, que inicialmente deu-se a partir do ano de 2000. São dez projetos de assentamento que se destacam na região e que afetam

diretamente o sistema natural da bacia, dentre eles os que mais se destacam são: PA Pau D'Arco, Igarapé Taquara, Igarapé das Araras, Pau Brasil, Rossana, Marechal Rondon, Ribeirão, Floriano Magno, Igarapé Azul e Esmosina Pinto. Os projetos de Assentamento na região extrapolam os limites e avançam para o centro da bacia, o que promovem inicialmente a extração ilegal de madeira, instalação de pastagem e após essa consolidação acontece a regularização fundiária, caracterizando a limitação da fiscalização ambiental e consecutivamente o aumento da erosão, conforme Figura 22.

De leste para oeste da bacia encontramos um processo de ocupação diferente, com uma frente de ocupação caracterizada pela informalidade e sem limites pré-determinados, ocasionando o descontrole do fluxo migratório para a região, mas, que apresenta os mesmos índices de degradação que as demais áreas planejadas. É o resultado da expansão do núcleo urbano de União Bandeirantes, palco de conflitos fundiários entre madeireiros, grandes fazendeiros e os órgãos ambientais. Esse tipo de ocupação acaba sendo mais prejudicial não somente ao sistema natural, mas também, pela falta de organização e presença do poder público.

Figura 22: Paisagens do Cenário Atual da bacia da UP IV.
Foto: Dorisvalder Dias Nunes, 2010
Processo Erosivo Avançado.

Nas áreas planejadas, embora se possa observar um retardo no avanço do desmatamento, mesmo que seja justificado pela pretensa Gestão Ambiental, a substituição da floresta por outros cultivos/plantação tem se materializado de forma contundente na área de estudo. E, mesmo considerando que a maior parte da UP ocupada possa ser resultado dos projetos de assentamento, os mesmos apresentam-se com médio PNE, o que agrava-se com os avanços migratórios descontrolados, a exemplo da frente de expansão de União Bandeirantes. Neste último caso a solução do problema foi a regularização das propriedades.

No que diz respeito aos elementos físicos, a Unidade referida apresenta-se com certa estabilidade, pois está embasada em uma Cobertura Sedimentar Indiferenciada com sedimentos inconsolidados formados por depósitos de areia, silte, argila ou cascalho, com restos de materiais lateríticos e, apresentando também, sedimentos aluvionares, coluvionares e eluvionares indiferenciados, recobertos por cobertura de solos indiscriminados. A geomorfologia, como na maior parte da bacia, apresenta Unidades Denudacionais e Superfícies de Aplanamento, mas, diferindo das demais UPs por concentrar as principais Planícies Aluviais e as maiores depressões. Caracteriza-se, principalmente, pelo tipo de solo, com predominância de Latossolo Vermelho Amarelo bem desenvolvido, mas, com baixa fertilidade natural (PLANAFLORO, 2001). E caracteriza-se também pelo tipo de vegetação natural predominante de floresta ombrófila densa o que ameniza os índices erosivos da Unidade. É uma região que apresenta um relevo suavemente ondulado e que possui algumas peculiaridades quanto à Geologia e Geomorfologia. Ao sul dessa Unidade constatou-se algumas mudanças nos índices de declividade que são muito discrepantes do restante da bacia. Trata-se de uma área cujas características são de transição de uma base de rocha metamórfica para uma base de rocha sedimentar, mostrando uma fratura entre o intervalo de transição dos tipos de rocha, o qual o rio encaixa-se perfeitamente (PLANAFLORO, op cit). Os índices de declividade dessa região mudam consideravelmente de 3 para 45 graus determinando uma área cujo fluxo de acumulação e/ou índice de dissecação do terreno aumenta proporcionalmente, caracterizando o PNE para com 2,59 ton/ha.ano e a Perda de Solo Atual em 0,138 ton/ha.ano.

5.7.5 Unidade de Paisagem V

A UP V apresenta-se de acordo com as mesmas características do uso da terra implantado na UP VI, ou seja, são áreas de grandes propriedades cuja concentração de suas atividades se mantém na pecuária. A UP V possui uma tendência de mudanças significativas conforme a extensão das propriedades da UP VI, mudando, assim, radicalmente a paisagem local, o que é característico da região amazônica. É uma unidade que apresenta-se como estável, com valores de perdas de solo muito similares à UP II, o que valida o determinado uso, mesmo que temporariamente, com certa sustentabilidade. A extração de madeira na região é praticamente regularizada, sendo resultado de investimentos em planos de manejo, gerando lucros significativos para os proprietários, mas, degradando principalmente regiões de mata ciliar, conforme figura 23.

Figura 23: Paisagens do Cenário Atual da bacia da UP V.
Foto: Michel Watanabe, 2010
Nascente Degradada com extração de madeira e uso de pastagem.

Quanto aos elementos naturais temos boa estabilidade, a começar pelo embasamento geológico que é característico de Cobertura Sedimentar Indiferenciada e de formação lacustre, e relevo plano sem oscilações nos índices de declividade denominado de Unidade Denudacional e Superfície de Aplanamento, o que diminui a velocidade do fluxo do escoamento superficial e o transporte de sedimentos. Nesta Unidade o solo predominante é o Latossolo Vermelho-Amarelo, considerado, por meio da análise na EUPSR como de baixa erodibilidade. Outro elemento considerado como de baixa susceptibilidade à Erosão é a cobertura vegetal que se mantém praticamente intocável, identificada como Floresta Ombrófila Densa, mantendo-se como parte da bacia que regula as consequências negativas à montante da mesma. O PNE dessa UP é de 1,16 ton/ha.ano e a Perda de Solo Atual é de 0,088 ton/ha.ano.

5.7.6 Unidade de Paisagem VI

A UP VI é a unidade que se destaca pela área de maior concentração de pastagem da bacia do rio Mutum-Paraná. Nessa região estão concentradas grandes propriedades que utilizam-se da pecuária interferindo diretamente no regime hídricos da região, conforme Figura 24.

Figura 24: Paisagens do Cenário Atual da bacia da UP VI.
Foto: Michel Watanabe, 2010
Processo de Assoreamento avançado por meio do uso da Pecuária Extensiva.

Os dados que caracterizam os elementos naturais mostram que essa região é muito vulnerável, principalmente, no que diz respeito ao tipo de solo e de cobertura vegetal. Nessa região a geologia é denominada de Formação Rio Madeira com depressões arenosas marginais, meandros abandonados, o que caracteriza a geomorfologia como sendo Planície Fluvial de terraços altos e dissecação baixa. O tipo de solo Gleissolo é predominante, caracterizado por ser pouco desenvolvido, formado principalmente por sedimentos indiferenciados, resultados do processo de evolução da área, cuja geomorfologia determina a predominância de Planícies Aluviais. A cobertura vegetal muda significativamente em comparação ao restante da bacia, possuindo características de Cerrado, com Savanas Parque e com um tipo de vegetação bem peculiar determinado como Campinarana Florestada. Neste caso, a cobertura vegetal mostra-se bem menos densa o que acarreta em maiores índices nos processos erosivos. O PNE desta UP é o mais alto de toda a bacia com um valor de 3,26 ton/ha.ano, além da maior Perda de Solo Atual que caracterizam-se por 0,440 ton/ha.ano.

O uso da terra predominante na região é a pecuária, o que para o ambiente natural da região torna-se prejudicial, promovendo uma das maiores taxas de erosão da área de estudo, igualando-se com outros pontos da bacia. Ou seja, essa é uma área muito susceptível à erosão, mesmo apresentando uma geomorfologia pouco acidentada, mas com índices de erosão similares aos de outras áreas que detém de relevo mais movimentado, o que difere na dinâmica da paisagem da bacia como um todo.

5.8 Potencialidade e Planejamento

O comparativo entre as Potencialidades das Unidades de Paisagem e o Zoneamento Sócio-Econômico Ecológico do Estado de Rondônia mostra-se com algumas divergências, o que acarreta em diferenças que podem prejudicar a sustentabilidade da região. Dessa forma, ao analisar as Potencialidades de cada Unidade de Paisagem definida para a bacia do rio Mutum-Paraná obtem-se grandes diferenças entre o que é proposto e a capacidade de suporte do meio, conforme Figura 25.

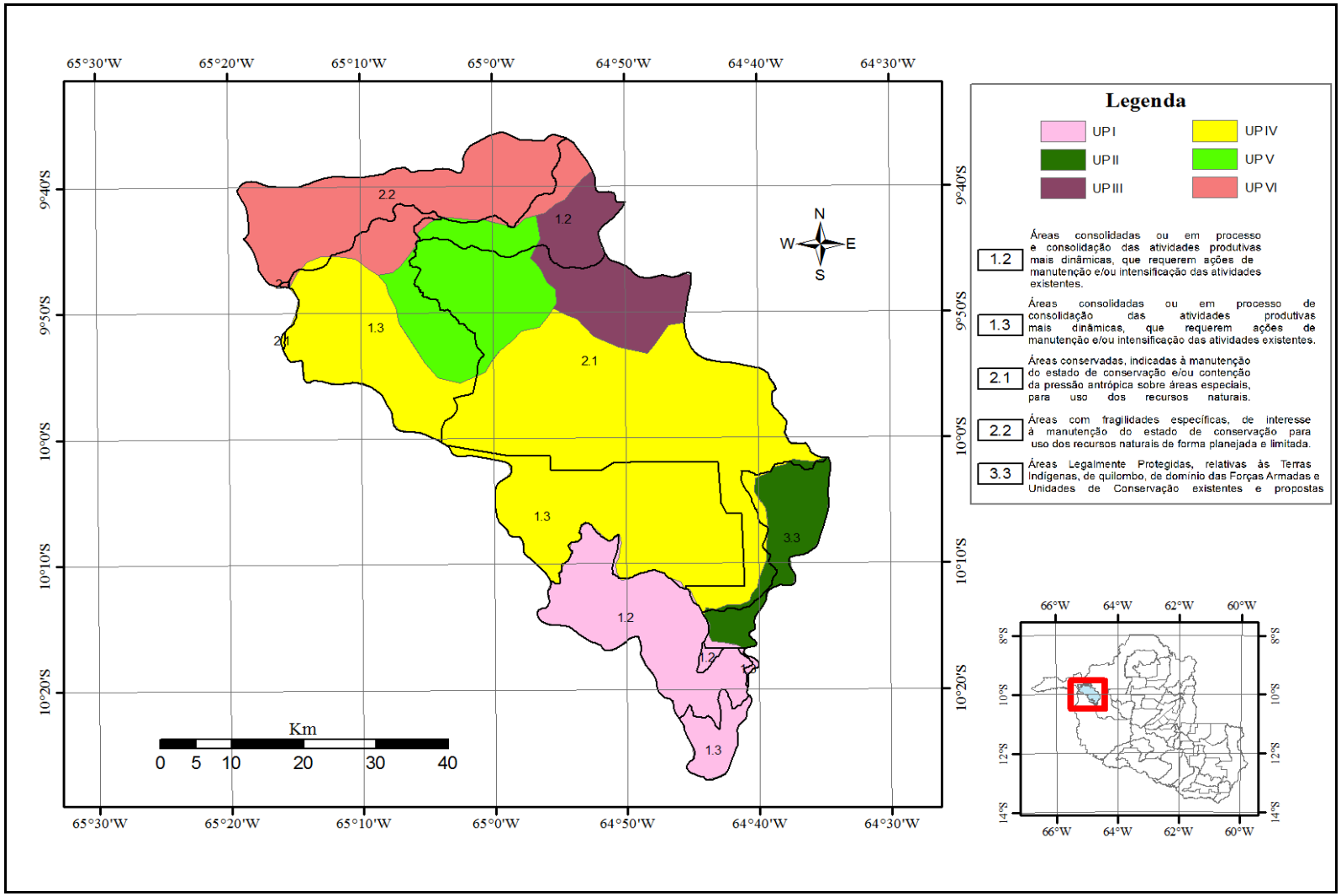


Figura 25: Cartograma de Unidades de Paisagem da bacia confrontado com o ZSEE de Rondônia.
Fonte: PLANAFLORO, 2001 e Trabalho de Campo (2010).
Organizado por Michel Watanabe

As zonas 1.2 definidas para a bacia por meio do PLANAFLORO são destinadas às atividades produtivas mais dinâmicas, com uso intensivo e desenvolvimento do mesmo. Entretanto, a modelagem realizada por meio da EUPSR apresenta resultados bastante vulneráveis, onde o Potencial Natural de Erosão – PNE e a Perda de Solo Atual são altos em comparação com as outras UP's. As potencialidades dessas regiões sugerem uma nova forma de uso, ou seja, a preservação e a recuperação das áreas degradadas poderiam servir como algumas medidas para o restabelecimento do meio. Outro fator que sugere mudanças para a sustentabilidade da região seria a recuperação das Áreas de Preservação Permanentes – APP's, que encontram-se desmatadas e as nascentes com nível de assoreamento avançado.

Em se tratando da zona 1.3 pode-se afirmar que são áreas que possuem o PNE e a Perda de Solo Atual como moderadamente forte. Uma considerável quantidade das perdas de solo por meio do uso atual encontra-se nessa zona, por abranger uma área significativa com projetos de assentamento instalados e que promovem o aumento do desmatamento e degradação dos recursos naturais. São, portanto, áreas com processo de ocupação planejados, mas, que promovem problemas similares ou iguais às frentes de ocupação desordenadas.

A zona 2.1 é a maior em extensão dentro da bacia e acaba por apresentar uma maior dinâmica quanto as contradições legais. Apesar de ser uma área destinada à manutenção do estado de conservação e/ou contenção da pressão antrópica sobre áreas especiais, para uso dos recursos naturais, acaba tendo forte pressão antrópica nos sentidos Leste-Oeste e Oeste-Leste, sendo o primeiro de forma desordenada. Além dessa grande pressão ocasionada por madeireiras, grileiros e pequenos agricultores, também existem grandes extensões territoriais de latifúndios, que diminuem a intensificação de suas propriedades por meio de manejo florestal, mas, que intensificam áreas já desmatados com uso de pecuária extensiva.

A zona 2.2 segundo o PLANAFLORO é uma região com áreas específicas de interesse para uso dos recursos naturais de forma planejada e limitada. Entretanto, o uso estabelecido expressa um dos maiores índices de erosão encontrados na modelagem da bacia. É uma área que comporta grandes propriedades bem valorizadas em extensão territorial e por se localizarem as margens da BR-364, e que tem como fins lucrativos a pecuária extensiva e o cultivo de soja, sendo este último em retrocesso. O PNE dessa região é alto, justificado pelo tipo de solo e a intensidade das chuvas, o que somado ao

uso atual torna-se ainda mais vulnerável.

E a zona 3.3 é a área destinada à proteção, relativas às terras indígens, e que por esse motivo a UP destacada apresenta o menor índice de Perda de Solo, além de um baixo Potencial Natural à Erosão. Apesar da preservação da área percebe-se que as frentes de ocupação promovem pressões de diversas direções e que as áreas que deveriam servir de zonas de amortecimento tendem a diminuir, acarretando em problemas de caráter socioambiental.

De um modo geral, a bacia do rio Mutum-Paraná mostra-se como vulnerável e apresenta taxas de erosão médias, dentro de um contexto socioeconômico agravado e que tende a se agravar cada vez mais. Como em boa parte da Amazônia Ocidental, verifica-se que dentro da referida bacia temos os mesmo descumprimentos ambientais, tais como: Degradação de Áreas de Preservação Permanente, Desmatamento irregular, Uso Inadequado dos Recursos Hídricos, etc. São tais agravamentos que promovem altas taxas de erosão, que acabam se refletindo tanto no ambiente como na economia. No ambiente pode-se mensurar grandes perdas de nutrientes do solo, o que restringe cada vez mais as opções de cultivos e forçam o agricultor a utilizar-se de grandes investimentos de correção, o que em certos casos acaba sendo inviável, obrigando-o, na maioria das vezes, a optar por formas mais simples de sustento, como é o caso da pecuária, moldando a atual situação do ambiente da região.

Considerações Finais

- As taxas de perda de solo registradas confirmam a vulnerabilidade da área da bacia de modo geral. Mas, é de suma importância destacar que algumas regiões bem concentradas, principalmente ao norte e ao sul da bacia apresentam-se com grandes taxas de perda de solo, tendo como principal elemento natural os tipos de solos. O Potencial Natural de Erosão estabelece o grau de vulnerabilidade da bacia com uma taxa média de 10,479 ton/ha.ano, comprovando a pior tendência futura, caso se estabeleçam atividades extremamente problemáticas.

- Ao analisar o Geossistema da bacia constatou-se que o dinamismo natural, modificado drasticamente pela Antropização e revertido em problemas na qualidade do ambiente, tem aumentado a erosão significativamente em regiões naturalmente estáveis.

- A perda de solo por erosão hídrica calculada para a bacia foi de 0,937 ton/ha.ano, sendo 10 vezes menor que a capacidade máxima de perda de solo, e com apenas uma área 96633,68 ha ou 27,58% do total da bacia. A tendência é o aumento da área para o uso de pastagem e consecutivamente maiores taxas de erosão, conforme dinâmica estabelecida pelos empreendimentos Hidrelétricos e a Regularização Fundiária, o que indica que o uso da terra atual é prejudicial ao sistema natural da região e que não está longe de alcançar seu ápice do potencial erosivo.

- Na classificação das unidades de paisagem da bacia constatou-se a lógica do sistema natural e o resultado pôde ser analisado por meio das Unidades de Paisagem identificadas. Desse modo, a bacia do rio Mutum-Paraná mostra-se com uma grande diversidade tanto de caráter natural quanto social e econômico, o que gera maior robustez e complexidade para o entendimento do dinâmica local.

- Os resultados de perdas de solo sugerem que a partir das Unidades de Paisagem definidas, o Zoneamento Sócio-Econômico e Ecológico seja reavaliado para que se possa propor um planejamento adequado sem problemas e incompatibilidades.

- Nas Unidades de Paisagem definidas e analisadas constatou-se que faltam interligações na compreensão e na gestão ambiental, o que proporciona desequilíbrio entre o sistema natural e os usos estabelecidos. A Gestão Ambiental que deveria estabelecer a ordem e determinar qual o melhor procedimento a se tomar, diante de uma região vulnerável, acaba por somente, regularizar o que é irregular, ou seja, geram-se novos problemas tentado solucionar problemas antigos. Como exemplo têm-se a regularização fundiária que acaba sendo uma medida compensatória de caráter partidário e de interesses outros, estimulando a abertura de novas áreas e formando um novo ciclo de devastação do ambiente amazônico.

Referências

AB' SABER, A. N. Os **Domínios de Natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas.** São Paulo, Ateliê Editorial, 2007.

BRASIL. Departamento nacional da Produção Mineral. **Projeto RADAMBRASIL**. Folha SD. 20Guaporé; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1979.

BARAÚNA, T. **Planejamento do Desenvolvimento: da ilusão tecnocrática à realidade da práxis**. 133p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional). Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente. Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, 2005.

BERTALANFFY, L. V. **Teoria geral dos sistemas**. Petrópolis, Vozes, 1993.

BERTOL, I. **Avaliação da erosividade da chuva na localidade de Campos Novos (SC) no período de 1981-1990**. Pesquisa Agropecuária Brasileira,v. 29, n. 9, set. 1994. p. 1453- 1458.

BERTOL, I. *et. al*. **Erosão hídrica em diferentes preparos do solo logo após as colheitas de milho e trigo, na presença e na ausência dos resíduos culturais.** R. Bras. Ci. Solo, 21:409-418, 1997.

BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 4º. São Paulo: Ícone. 1999.

BERTRAND, G. **La "science du paysage", une "science diagonale"** In: Revue géographique des Pyrénées et sud-ouest, v. 43, fasc. 2, p. 127-133, Toulouse, 1972(a).

_____. **Paisagem e geografia física global: esboço metodológico.** In: Cadernos de ciências da terra. São Paulo, v. 13, p. 1-27 (1972b).

BERTRAND, G.&; BERTRAND, C.. **Uma geografia transversal e de travessias**: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades. Maringá: Massoni, 2007. 332 p.

BEROUTCHACHVILI, N. *et. al.*. Lê **Géosystéme ou "Systéme territorial naturel"**.Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest. Tolouse, v. 49, n.2, p. 167-180, 1978.

BIGARELLA, J.J. **Estruturas e origem das paisagens tropicais e subtropicais.** Florianópolis: EdUSFSC, 2003.

BÓLOS, M. I. C.. **Problemática actual de los estudios de paisaje integrado**. Revista de Geografia, Barcelona; v. XV, nº. 1-2, Enero-Diciembre, p.45-68, 1981.

BOTELHO, R. G. M. **Planejamento Ambiental em Microbacia Hidrográfica**. In: GUERRA, A. J. *et. al.* (org). Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

CABRAL, J.F. B. **Hidrelétrica de Jirau e os impactos sócio-ambientais no alto Rio Madeira: análise da configuração territorial.** 140 f. (Dissertação de mestrado), Porto Velho, 2008.

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

CAUPER, G. C. B De. **Biodiversidade Da Amazônia**. Centro Cultural dos Povos da Amazônia-CCPA. Manaus. v.1:163p. 2006.

CAVALCANTE, M.M. **Transformações Territoriais no Alto Rio Madeira: Hidrelétricas, Tecnificação e (Re)organização**. 125 f. (Dissertação de Mestrado), Porto Velho: Universidade Federal de Rondônia, programa de pós-graduação em geografia - PPGG, 2008.

CHECCHIA, T. E. **Avaliação de perda de solo por erosão hídrica e estudo de emergência na bacia do rio Caeté, Alfredo Wagner – Santa Catarina**. Dissertação de Mestrado, Santa Catarina, 2005.

CHORLEY, R..J. *et. al.*. **PhysicalGeography: a system approach.** Londres, EditoraPrenttice Hall Inc. Co., 1971, 351p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2ª Edição. São Paulo: Edgar Blücher, 1980. 200 p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais.** São Paulo: Ed. Edgard Blucher. 1999. 236 p.

CPRM. **Geologia e recursos minerais do Estado de Rondônia: Sistema de Informações Geográficas – SIG: Texto Explicativo do Mapa Geológico e de Recursos Minerais do Estado de Rondônia** – Porto Velho: CPRM, 2007. 153p.

CRÓSTA, A. P. (1992). **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto.** 173p. Tese (Doutorado). Instituto de Geociências, Universidade de Campinas, São Paulo.

CUNHA, C. M. L. da. **Quantificação e mapeamento das perdas de solo por erosão com base na malha fundiária**. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, Rio Claro, 1997. 93 p.

CUNHA, S. B. *et. al.*. – **A Questão Ambiental: Diferentes Abordagens**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. 248p.

DIAS, J. A. **As potencialidades paisagísticas de uma região cárstica: o exemplo de Bonito, MS.** Dissertação (mestrado em Geografia) 183 p. – Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente: UNESP, 1998.

DULEY, F.L. **Surface factor affecting the rate of intakeof water by soils.** Soil Sci. Soc. Am. Proc., 4:60-64, 1939.

ENGEL, B. **Estimating soil erosion using RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) Using ArcView. 2003**. Environmental Systems Research Institute, Inc. ArcView Gis 3.2. USA ,1982-2000.

FARINASSO, M.; *et. al.*. **Avaliação qualitativa do potencial de erosão laminar em grandes áreas por meio da Eups utilizando novas metodologias em sig para os cálculos dos seus fatores na região do Alto Parnaíba-Pi-MA.** Revista Brasileira de Geomorfologia, ano 7, n. 2, p. 73-85, 2006.

FEARNSIDE, P.M.: **The development of the Amazon Rain Forest: priority problems for the formulation of guidelines**. Interciencia, 4 (6): 338-342. 1979.

_____. **Migração, Colonização e Meio Ambiente: O Potencial dos Ecossistemas Amazônicos.** Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 9, n. 4, p. 448-457, 1993.

_____. **Amazon forest maintenance as a source of environmental services.** Anais da Academia Brasileira de Ciências 80(1): 101-114. 2008.
FURNAS. **Estudos de Impacto Ambiental do Rio Madeira – RO. Definição das áreas de Influência, Legislação e Caracterização dos Empreendimentos. TOMO B. Volume 3/8. Diagnóstico Ambiental**. Furnas, 2005b.

GUERRA & CUNHA. **Geomorfologia e meio ambiente**. Bertrand Brasil. Rio de Janeiro. 1996. 394 p.

HAUCK, P; **Cerrados, campos e Araucarias: A teoria dos Refúgios Florestais e o significado paleogeográfico da paisagem do Parque Estadual de Vila Velha, Ponta Grossa – Paraná.** 160 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2009.

HECHT, S. B. **Cattle ranching development in the eastern Amazon**. Doctoral dissertation, University of California, 1982.

_____. **The logic of livestock and deforestation in Amazonia.** BioScience, 43 (10): 687-695. 1993.

IBGE. **Manual técnico do uso da terra**, 2a edição. Manuais técnicos em geociências no7. Rio de Janeiro 2006. 91p.

LOMBARDI NETO, F.; BERTONI, J. **Tolerância de perdas de terra para alguns solos de São Paulo.** Boletim Técnico n. 28. Campinas, Instituto Agronômico, SP. 1975. 12p.

MANNAERTS, C. M. *et. al.*. **Rainfall erosivity in Cape Verde**. In: Soil Tillage Research. n. 55, 2000. p. 207-212.

MARGULIS, S. **Causas do desmatamento da Amazônia brasileira**. Brasília: Banco Mundial, 2003, 80p.

MARTINS, F.B. *et. al.*. **Zoneamento Ambiental da sub – bacia hidrográfica do Arroio Cadena, Santa Maria (RS). Estudo de caso**. Cerne**,** Lavras, v.11, n.3, p.315-322, jul./set. 2005.

MATEO RODRIGUEZ, J. M.. **Geografia de los paisajes – primera parte paisajes naturales.** Habana: Universidad de Habana, 2000. 193p.

MATIAS, F. O. **Ocupação, Políticas Públicas e Gestão Ambiental de Unidade de Conservação do Estado de Rondônia: O Estudo de caso do Parque Estadual de Guajará Mirim.** 225p. Dissertação (Mestrado em Geociências). Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2001.

MEIRELLES FILHO, J. C. **O livro de ouro da Amazônia: mitos e verdades sobre a região mais cobiçada do planeta**. Rio de janeiro: Ediouro, 2004.

MELLO, E. L *et. al.*. **Perdas de solo e água em diferentes sistemas de manejo de um Nitossolo Háplico submetido à chuva simulada.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.27, p.901-909, 2003.

METZGER, J. P. **O que é ecologia de paisagens?** . Biota Neotropica (Ed. Portuguesa), Campinas, SP, v. 1, n. 1/2, p. 1-9, 2001.

MONTEIRO, C. A. DE F.. **Geossistemas: a História de uma Procura**. São Paulo: Contexto, 2000. 127 p.

MORAIS & COGO, N. P.. **Comprimentos críticos de rampa para diferentes manejos de resíduos culturais em sistema de semeadura direta em um Argissolo Vermelho na Depressão Central-RS**. R. Bras. Ci. Solo, 25:1.041-1.051, 2001.

MORRIS, G. L. *et. al.*. **Reservoir sedimentation handbook: design and management of dams, reservoirs, and watercheds for sustainable use**. New York: McGraw-Hill. 1997.

NUNES, D. D. **Hidrovia do Madeira: (Re) Configuração Espacial, Integração e Meio Ambiente.** 379 p. Tese (Doutorado em Ciências: Desenvolvimento Sócio-Ambiental), Belém, 2004.

ODURO-AFRIYIE, K. **Rainfall erosivity map for Ghana**. Geoderma. N. 74, 1996. p. 161- 166.

OLIVEIRA JR, R. C. *et. al.*. **A erosividade das chuvas em Manaus (AM).** Revista Brasileira Ciência do Solo, n. 14, 1990. p. 235-239.

PLANAFLORO, **Plano Agropecuário e Florestal de Rondônia**. Porto Velho: Tecnossolos. Relatório Técnico, 2001.

PASSARGE, S. **Vergleichende Landschaftskunde**. H.4. S.V. Berlin. 1924.

RABELLO, A.C.B. **Inventando o outro: representações do desenvolvimento da fronteira na Amazônia**. 367f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sócio-Ambiental) – Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, Universidade Federal do Pará, Belém, 2004.

RODRIGUEZ, J. M. M. **Apuntes sobre geografia de los paisajes**. Havana, Cuba, 1984.

ROSS, J. L. S. **Análises e Sínteses da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados**. Revista do Depto. de Geografia. FFLCH/USP. São Paulo, n. 8, p. 63-74, 1994).

ROSS, J. L. S. Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

SALOMÃO, F. X. D. T. **Controle e prevenção dos processos erosivos**. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. D.; BOTELHO, R. G. M. (org.) Erosão e conservação dos solos**.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 339p.

SAUER, O. **A morfologia da paisagem.** *In*: CORRÊA;ROZENDAHL (Orgs.). Paisagem tempo e cultura, Rio de Janeiro:EdUERJ, 1998.

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, 24:427- 436, 2000a.

SCHROEDER, P. H. **Análise Espaço-Temporal do Processo de Ocupação do Município de Corumbiara - Rondônia.** Dissertação de mestrado, 119 p, Florianópolis, 2008.

SERRÃO, E.A.S. & J.M. TOLEDO. **La busqueda de sustentabilidad en pasturas Amazónicas.** p. 303-335 In: A. Anderson (compilador) Alternativas a la Deforestación. Ediciones ABYA-YALA, Quito, Equador, 1990. 416 p.

SILVA, A. M. **Aplicações de técnicas de geoprocessamento no estudo das relações entre os processos erosivos e sedimentológicos de bacia hidrográfica.** Tese de Doutorado. 249p. EESC/USP: Programa de pós-graduação em Ciências da Engenharia Ambiental. 1999.

SILVA, A. M. *et. al.*. **Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas.** São Carlos: RiMa, 2004.

SILVA, R. G. C. *et. al.*. **Territorial politics in western Amazon: an approach on madeira river hydroelectric project in Rondônia.** Técnica administrativa, Buenos Aires, v. 07, p. 1-9, 2008.

SOTCHAVA, V. B. **Definition de Quelque Notions et Termes de Geógraphie Physique.** Institute de Geographie de la Siberie et Extrem Orient. 3: 94-177, 1962.

SOUZA, C. K. **Relação solo-paisagem-erosão e variabilidade espacial de Latossolos em áreas sob cultivo de cana-de-açúcar no município de Jaboticabal (SP)**. Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista, 2001. 186p. (Tese de Mestrado).

STRAHLER, A.N. **Hypsometric (area-altitude) analysis and erosional topography.** Bulletin of the Geological Society of America, 63 (10): 1117-1142, 1952.

TERJUNG, W. H. **Climatology for geographers.** Annals of the Association of American Geographers, v. 66, n. 2, p. 119-222, 1976.

TOMAZONI, J. C. *et. al.*. **A sistematização dos fatores da EUPS em SIG para quantificação da erosão laminar na bacia do rio Anta Gorda (PR).** Estudos Geográficos, Rio Claro, v.3, n. 1, p. 01-21, jan-jun 2005.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Superintendência de Recursos Naturais e Meio ambiente. Diretoria Técnica. Rio de Janeiro, p. 97, 1977.

TRICART, J. **El Pantanal: un ejemplo del impacto geomorfologico sobre el ambiente.** Informaciones Geograficas .Chile. 29. 1982. p. 81-98.

TROPPMAIR, H. **Biogeografia e Meio Ambiente**. 3ª edição. Rio Claro. Ed. do autor. 1989, 258p.

UHLMANN, G. W. **Teoria Geral dos Sistemas. Do atomismo ao sistemismo (Uma abordagem sintética das principais vertentes contemporâneas desta Proto-Teoria).** 84p. São Paulo: Centro Interdisciplinar de Semiótica da Cultura e da Mídia, 2002.

WISCHMEIER, W. H *et. al.*. **Rainfall energy and its relationship to soil loss.** Transactions, American Geophisical Union. v.39, n. 2, abril. 1958.

ANEXOS

ARIQUEMES

	Precipitação												
	jan	**Fev**	**mar**	**abril**	**mai**	**jun**	**jul**	**ago**	**set**	**out**	**nov**	**dez**	**anual**
1995	232,4	381,2	153,2	237,2	124,2	4,6	20,4	20,2	51,8	181,2	205,8	296,4	1908,60
1996	268,4	300,1	240,8	160,4	118,1	10,6	0	6,2	57,8	228,2	304	277,2	1971,80
1997	397,4	358	326	260,2	66,8	44,4	0	11,6	93,3	246,5	299,4	334,6	2438,20
1998	228,6	334	305,8	130,4	125,4	0	0	17	128,8	264,8	294,8	308,8	2138,40
1999	285,2	269,4	271,2	315	100,6	44,4	2,8	4,6	162,4	26,4	336,4	148,3	1966,70
2000	253	167,2	311,6	60,6	11,8	0	25,2	88,2	134,2	290,8	224	266	1832,60
2001	369,4	383,4	250,6	174,6	147,4	9,8	39,7	0	228	183,8	209,8	402,2	2398,70
2002	251,4	219	128	122	59,8	2,6	30,5	53,9	39,4	60,5	97	506,6	1570,70
2003	331,8	237,6	318,6	123,3	235	41	15	37,8	102,8	283	125,5	215,2	2066,60
2004	390,7	248,1	160,1	233,2	62,6	3,6	4,1	80,8	46,9	147,2	246,2	206,9	1830,40

CARAMURU

	Precipitação												
	jan	**fev**	**mar**	**abril**	**mai**	**jun**	**jul**	**ago**	**set**	**out**	**nov**	**dez**	**anual**
1995	389,0	724,6	435,8	189,2	125,4	19,4	19,6	33,4	59,0	116,4	387,8	383,0	2882,60
1996	414,6	385,1	300,0	178,2	104,6	0,0	40,8	4,6	123,6	95,4	275,2	331,8	2253,90
1997	344,2	195,2	312,0	180,9	90,1	58,4	20,4	2,3	99,9	101,5	278,8	313,9	1997,45
1998	218,2	359,6	235,3	52,9	90,2	0,0	0,0	0,0	76,2	107,5	282,3	295,9	1718,10
1999	338,1	341,7	269,9	172,7	124,8	80,4	0,0	0,0	135,5	168,8	97,0	233,5	1962,40
2000	334,6	223,2	331,4	116,7	21,8	1,0	48,6	88,5	244,1	202,2	187,5	227,5	2027,10
2001	445,4	395,5	171,1	229,1	121,0	25,6	19,7	24,6	109,2	129,0	213,2	400,8	2284,20
2002	364,8	279,1	263,7	211,8	97,2	0,0	15,8	98,0	208,8	330,0	206,9	397,3	2473,40
2003	210,2	189,8	322,7	158,9	100,6	20,5	5,6	49,6	206,6	85,0	102,1	132,2	1583,80
2004	525,2	321,6	288,6	145,2	97,8	32,6	73,8	114,8	57,8	240,6	259,8	360,0	2517,80

Fonte: Agência Nacional de Águas, 2010.

RIO BRANCO

	Precipitação												
	jan	**fev**	**mar**	**abril**	**mai**	**jun**	**jul**	**ago**	**set**	**out**	**nov**	**dez**	**anual**
1995	190,2	353,8	310,4	168,2	110,8	3,1	6,3	0,0	38,8	144,5	291,6	331,9	1949,60
1996	336,1	336,1	366,5	169,5	109,4	14,1	0,0	37,0	79,7	117,2	417,4	313,8	2296,80
1997	298,4	296,7	303,8	240,3	106,5	7,1	0,0	18,5	55,9	192,7	327,5	304,7	2152,00
1998	275,3	370,9	293,1	206,9	123,1	0,0	0,0	0,0	32,2	268,1	237,6	295,5	2102,70
1999	370,8	286,4	324,2	229,6	108,9	58,0	13,3	0,0	144,7	73,5	314,0	271,7	2195,10
2000	314,2	135,6	394,5	83,2	40,5	1,2	55,7	24,4	99,7	221,4	169,0	231,2	1770,60
2001	352,8	356,5	208,7	189,8	50,0	34,3	25,0	0,0	84,9	303,4	207,4	417,2	2230,00
2002	238,9	220,7	228,7	213,1	52,7	0,0	51,2	58,1	59,7	322,9	186,3	427,3	2059,60
2003	345,4	252,0	361,0	137,0	112,2	13,7	13,2	37,8	118,3	161,2	152,3	236,2	1940,30
2004	330,1	323,0	265,1	122,2	47,2	0,0	7,4	19,7	43,5	211,6	252,6	191,0	1813,40

GUAJARA-MIRIM

	Precipitação												
	jan	**fev**	**mar**	**abril**	**mai**	**jun**	**jul**	**ago**	**set**	**out**	**nov**	**dez**	**anual**
1995	156,0	0,6	11,2	82,7	14,0	0,0	13,8	1,1	22,6	61,7	214,9	144,8	723,40
1996	296,2	135,5	163,1	124,6	30,5	14,8	0,0	11,1	5,9	89,7	163,6	85,4	1120,40
1997	151,3	197,7	442,8	91,3	46,0	12,0	5,3	27,2	59,1	136,4	165,0	143,6	1477,55
1998	115,7	177,5	252,9	58,0	61,5	9,1	10,6	43,2	112,3	183,0	322,5	256,8	1603,10
1999	340,8	222,2	195,3	127,0	55,0	68,2	0,0	13,2	126,5	59,7	245,6	176,6	1630,10
2000	130,2	195,6	285,4	216,7	40,2	28,8	9,6	42,4	41,6	163,9	155,0	202,7	1512,10
2001	302,6	308,7	194,6	86,5	181,1	84,0	80,9	0,9	74,4	104,6	239,6	173,8	1831,70
2002	304,3	486,7	137,4	100,7	128,0	4,9	20,4	30,7	37,9	62,8	96,2	236,7	1646,70
2003	218,1	289,9	379,6	148,4	54,0	59,9	12,2	60,8	47,6	145,9	76,8	215,0	1708,20
2004	284,9	164,4	149,5	193,1	380,9	196,7	259,3	242,5	71,2	9,6	26,3	33,7	2012,10

Fonte: Agência Nacional de Águas, 2010.

JURENÉ

	Precipitação												
	jan	**fev**	**mar**	**abril**	**mai**	**jun**	**jul**	**ago**	**set**	**out**	**nov**	**dez**	**anual**
1995	231,4	227,7	348,4	139,8	114,0	4,5	0,0	5,7	34,3	142,7	41,1	142,3	1431,90
1996	79,2	51,8	276,9	144,8	0,9	34,2	0,0	51,6	17,4	179,1	218,9	69,1	1123,85
1997	230,4	363,7	205,4	149,7	59,7	59,1	11,7	57,7	28,2	40,0	107,4	237,4	1550,40
1998	193,0	165,2	297,8	145,7	42,2	12,4	20,7	12,1	113,7	56,6	209,2	446,5	1715,05
1999	152,3	135,3	65,2	219,1	32,2	258,4	20,8	15,4	137,5	64,9	310,9	221,4	1633,15
2000	111,5	156,5	113,9	292,4	22,1	18,8	20,8	18,6	131,9	73,2	166,4	297,0	1423,10
2001	317,2	362,8	101,7	251,1	116,1	47,8	26,1	6,6	59,7	140,9	125,8	197,8	1753,60
2002	353,2	131,9	220,4	162,7	128,6	54,2	9,1	19,5	32,0	53,8	185,5	233,9	1584,80
2003	289,8	259,7	276,5	254,1	131,7	147,7	45,7	5,9	250,8	191,9	233,8	127,0	2214,60
2004	182,9	272,6	268,3	65,7	63,8	20,1	59,6	84,7	26,0	278,3	530,6	130,7	1983,30

MINERAÇÃO JACUNDÁ

	Precipitação												
	jan	**fev**	**mar**	**abril**	**mai**	**jun**	**jul**	**ago**	**set**	**out**	**nov**	**dez**	**anual**
1995	301,3	300,6	273,8	239,4	125,2	11,4	47,4	0	119	145,1	127,8	265,4	1956,40
1996	274,6	355,8	356,2	155,7	61,7	33,5	0	15,4	17,1	313,9	499,6	326,2	2409,70
1997	323,5	420,6	492,1	188,7	48,6	52,2	0	18,8	29,45	228,7	375,55	333,95	2512,15
1998	225,4	228,5	379,3	157,6	103,6	8,3	0	22,2	41,8	143,5	251,5	341,7	1903,40
1999	381,7	244,5	264,3	274,9	90,3	184,8	0	2,1	140,8	86,4	164,6	267,2	2101,60
2000	429,8	295,3	228,1	224	70,8	0	21,8	50,9	108,4	319,6	270,3	241,5	2260,50
2001	414,6	458,5	241,7	236,6	172,1	68,7	21,4	0	184,1	266,5	276,1	286,9	2627,20
2002	318,5	318	282,1	163,2	82,7	17,3	38,9	71,7	127,2	211,1	205,7	412,1	2248,50
2003	444,4	199,6	408,9	177,4	178,2	64	40,9	9,6	177,7	196,1	136,8	206,7	2240,30
2004	362,5	205,6	364,1	210,1	82,3	31,5	14,3	68,9	51,3	164,7	230,4	173,9	1959,60

Fonte: Agência Nacional de Águas, 2010.

PONTE MASSANGANA

	Precipitação												
	jan	**fev**	**mar**	**abril**	**mai**	**jun**	**jul**	**ago**	**set**	**out**	**nov**	**dez**	**anual**
1995	281,4	212,4	257,2	124,9	83,4	17,6	6,2	10,2	60,9	145,4	135,6	243,3	1578,50
1996	270,4	147,5	231,2	71,0	65,6	0,0	0,0	48,0	113,6	221,4	233,2	159,6	1561,50
1997	292,6	365,0	259,0	121,6	97,4	37,8	0,9	34,1	123,0	169,5	241,8	351,2	2093,85
1998	199,4	259,4	228,8	112,2	94,0	5,4	1,7	20,2	132,4	117,6	250,4	305,5	1727,00
1999	498,5	203,8	140,1	126,0	68,2	83,8	0,0	0,0	100,6	88,7	136,1	257,4	1703,20
2000	421,3	199,1	240,3	59,4	18,4	11,2	15,0	74,7	109,0	323,7	154,0	144,7	1770,80
2001	313,0	303,8	303,4	151,2	84,4	68,5	22,9	3,1	284,9	285,7	254,1	314,6	2389,60
2002	282,5	249,3	306,8	110,2	67,7	14,1	19,5	65,8	150,1	174,8	177,6	366,0	1984,40
2003	406,6	236,1	294,5	225,7	78,4	29,9	31,5	58,2	82,9	195,5	140,3	283,7	2063,30
2004	298,7	245,7	252,6	195,3	41,4	0,0	1,7	94,2	27,1	117,3	161,2	198,2	1633,40

NOVA CALIFÓRNIA

	Precipitação												
	jan	**fev**	**mar**	**abril**	**mai**	**jun**	**jul**	**ago**	**set**	**out**	**nov**	**dez**	**anual**
1995	357,10	187,25	303,40	271,65	72,45	30,00	4,10	0,00	78,00	145,00	192,20	312,00	1953,15
1996	331,00	223,90	409,80	252,30	93,90	19,00	0,00	29,20	34,00	245,80	354,10	181,40	2174,40
1997	480,5	309,8	350,5	252,9	127,7	7,5	0	106,8	69,35	213,30	252,50	196,40	2367,25
1998	191,30	312,50	401,40	164,90	5,00	0,00	0,00	39,30	104,70	180,80	150,90	211,40	1762,20
1999	371,70	211,70	234,00	93,20	184,20	32,50	56,50	3,20	98,40	144,00	245,10	240,50	1915,00
2000	328,70	197,80	315,20	194,00	36,20	0,00	45,30	40,90	137,20	181,40	409,00	148,10	2033,80
2001	244,00	328,60	364,70	205,70	74,90	129,90	114,60	0,00	88,50	64,20	136,70	356,10	2107,90
2002	216,20	349,80	221,70	226,30	91,80	0,00	12,00	73,90	64,20	245,00	240,30	258,90	2000,10
2003	361,00	259,70	373,30	413,70	46,90	30,00	13,30	72,00	174,00	83,50	71,40	206,60	2105,40
2004	459,50	272,70	440,00	169,50	52,20	68,60	32,60	24,80	131,70	181,30	292,90	293,10	2418,90

Fonte: Agência Nacional de Águas, 2010.

PEDREIRAS

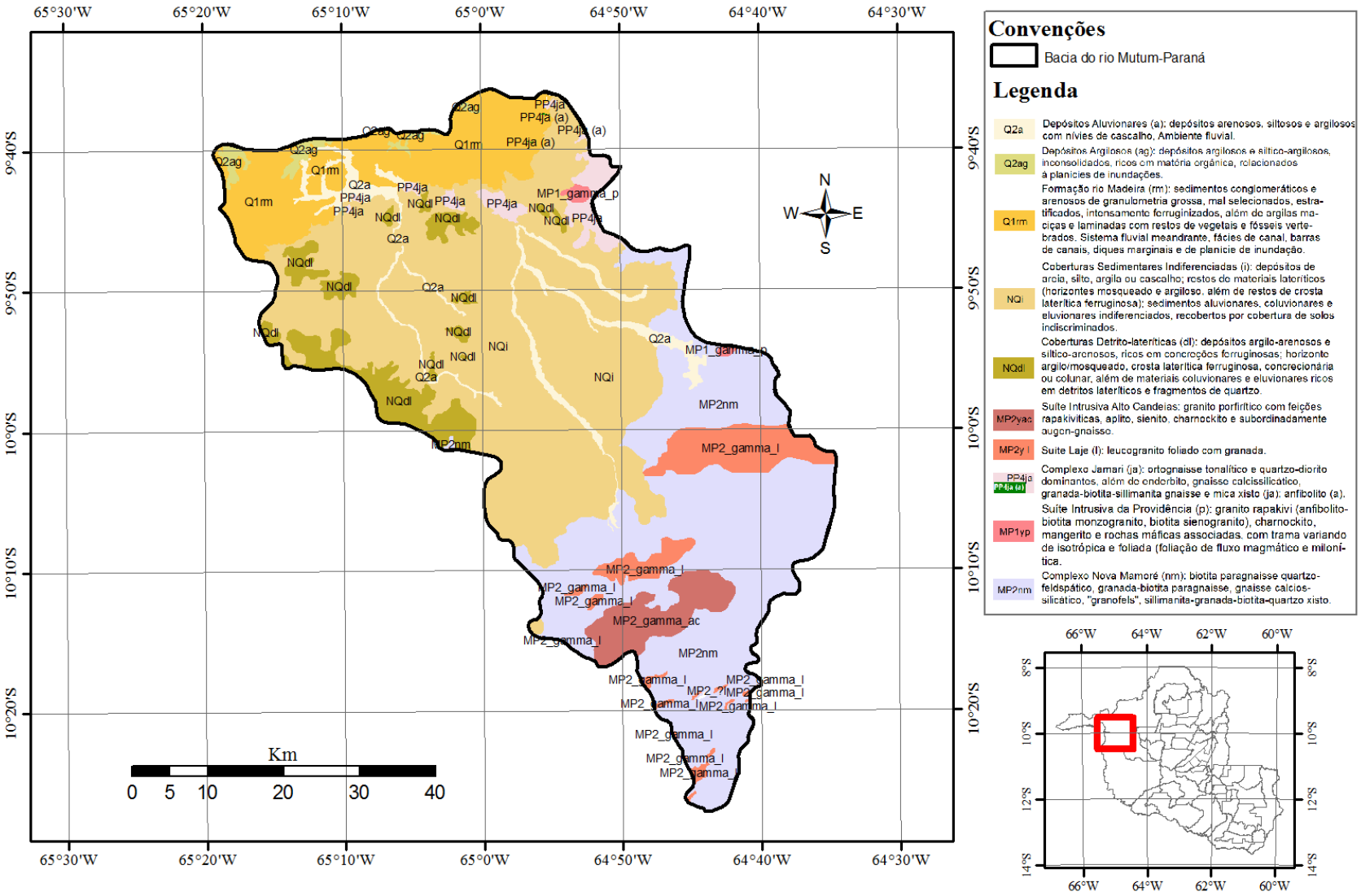
	Precipitação												
	jan	**fev**	**mar**	**abril**	**mai**	**jun**	**jul**	**ago**	**set**	**out**	**nov**	**dez**	**anual**
1995	330,9	355	135,5	389	200,4	43,3	7,5	0	10,5	139,1	261,7	150	2022,90
1996	351	186,7	232,7	111,2	42,5	47,6	2	4,7	44,1	125,6	289,8	167	1604,90
1997	229,4	315,2	308,7	105,4	51,85	33,6	3,6	26,9	71,9	152,65	227,85	154,75	1681,80
1998	256,1	174,7	278,9	99,6	61,2	19,6	5,2	49,1	99,7	179,7	165,9	142,5	1532,20
1999	325,4	265,3	146,4	157,7	164,3	69,5	9,3	0	92	160,9	148,4	309,1	1848,30
2000	249,9	214,5	217,8	282,6	50,6	0	39,3	51,8	87,4	222,5	224	148,3	1788,70
2001	326	213,3	154	70	23,1	46,9	106,5	0	105,7	55	131,5	204	1436,00
2002	261,1	102,4	214,6	114,4	79,1	27,7	53,4	57,2	49,2	80,8	85,1	204	1329,00
2003	248,4	198,4	199,7	118,8	88,8	34	21,3	41,7	34,9	94,9	109	137,6	1327,50
2004	152,9	129,9	162,2	112,3	18,8	22	45,3	59,1	80,7	100,6	130,1	192,3	1206,20

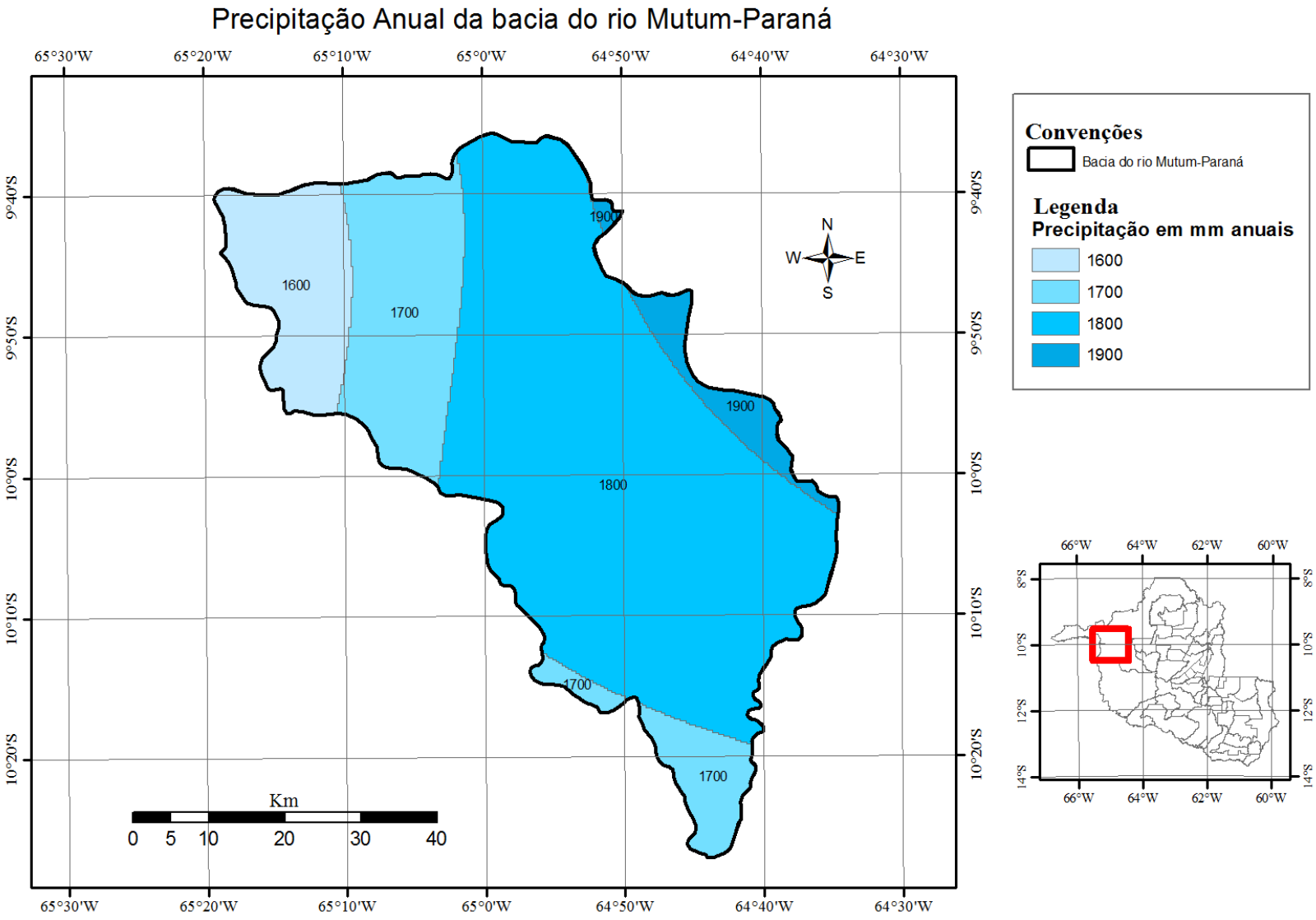
SANTO ANTONIO

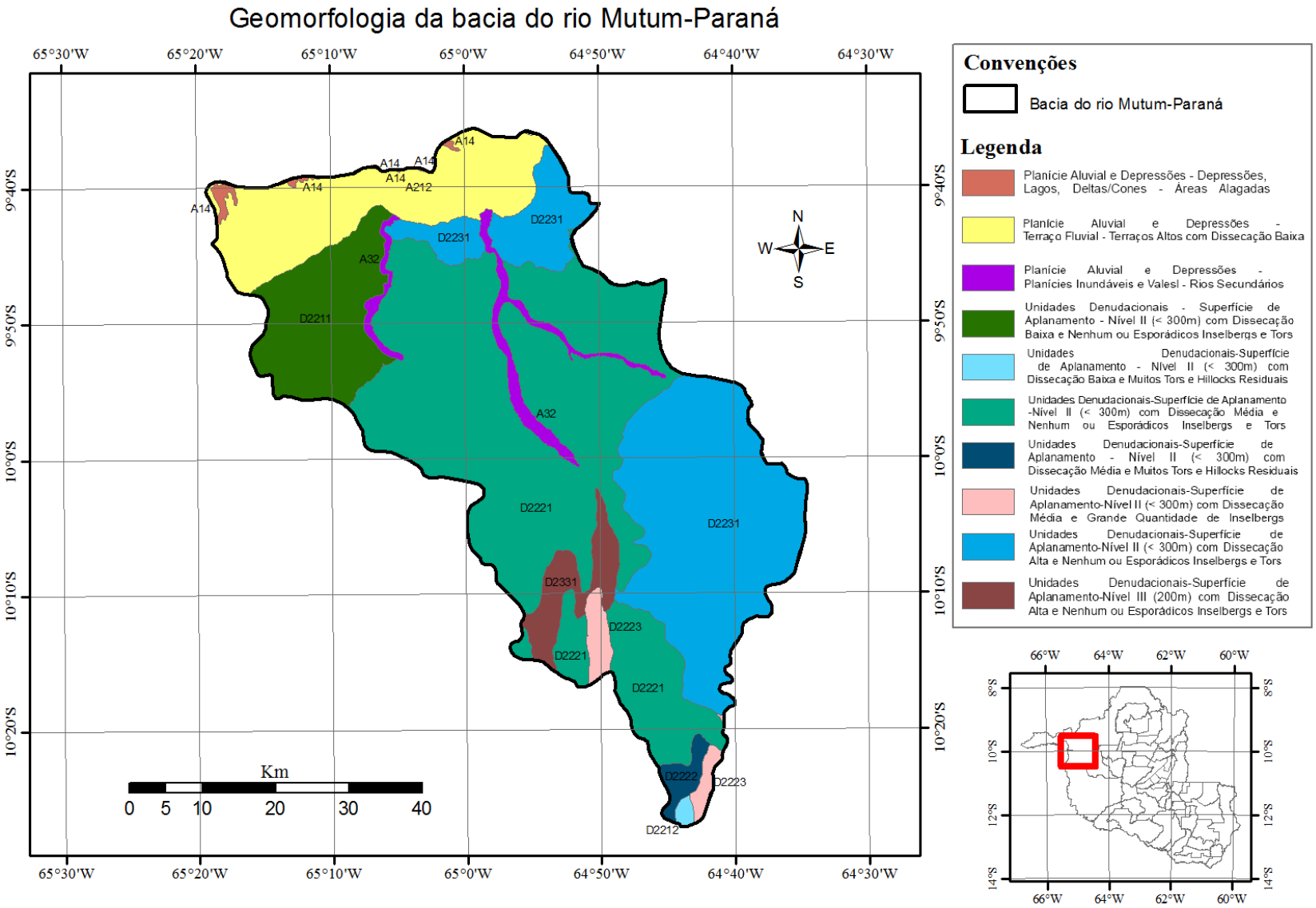
	Precipitação												
	jan	**fev**	**mar**	**abril**	**mai**	**jun**	**jul**	**ago**	**set**	**out**	**nov**	**dez**	**anual**
1995	281	374,5	357,5	185,1	119,5	44,4	13,5	0	164,6	64,4	293,6	250,6	2148,70
1996	296,2	317,4	320,7	186,4	136	27	0	14,6	95,6	111,5	438,9	310,8	2255,10
1997	248,8	299	564,2	202,8	97,5	44,8	0	9,80	56,45	127,40	333,40	271,15	2255,30
1998	218,2	189,5	376,7	157,7	122,4	0	0	5	17,3	143,3	277,9	231,5	1739,50
1999	377,6	333,7	172,9	160,6	138,4	169,4	0	1,4	99,7	128	178,9	338,5	2099,10
2000	368	213,4	197,6	177,2	44,8	1,3	30,5	28	109,9	270,7	248,1	225,4	1914,90
2001	335,3	279,8	147,7	262	104,3	57,9	45,6	0	104,6	259,7	170,6	311,3	2078,80
2002	226,8	266,2	267,9	162,8	132,6	0	62,3	61	167,6	142,3	273,3	470,9	2233,70
2003	344,1	305,4	271,6	134,9	196,9	49,3	0	65	76	220,3	205,8	173,4	2042,70
2004	328,4	349	296,7	256	133,3	31	14,5	29,4	69	149,7	257,2	301,8	2216,00

Fonte: Agência Nacional de Águas, 2010.

Geologia da bacia do rio Mutum-Paraná




Precipitação Anual da bacia do rio Mutum-Paraná
65°30'W
65°20'W
65°10'W
65°0'W
64°50'W
64°40'W
64°30'W
9°40'S
9°50'S
10°0'S
10°10'S
10°20'S
1600
1700
1900
1800
1900
1700
1700
N
W
E
S
Km
0 5 10 20 30 40
Convenções
Bacia do rio Mutum-Paraná
Legenda
Precipitação em mm anuais
1600
1700
1800
1900
66°W
64°W
62°W
60°W
8°S
10°S
12°S
14°S


Geomorfologia da bacia do rio Mutum-Paraná
65°30'W
65°20'W
65°10'W
65°0'W
64°50'W
64°40'W
64°30'W
9°40'S
9°50'S
10°0'S
10°10'S
10°20'S
A14
A212
A32
D2211
D2231
D2221
D2331
D2223
D2222
D2212
N
W
E
S
Km
0 5 10 20 30 40
Convenções
Bacia do rio Mutum-Paraná
Legenda
Planície Aluvial e Depressões - Depressões, Lagos, Deltas/Cones - Áreas Alagadas
Planície Aluvial e Depressões - Terraço Fluvial - Terraços Altos com Dissecação Baixa
Planície Aluvial e Depressões - Planícies Inundáveis e Valesl - Rios Secundários
Unidades Denudacionais - Superfície de Aplanamento - Nível II (< 300m) com Dissecação Baixa e Nenhum ou Esporádicos Inselbergs e Tors
Unidades Denudacionais-Superfície de Aplanamento - Nível II (< 300m) com Dissecação Baixa e Muitos Tors e Hillocks Residuais
Unidades Denudacionais-Superfície de Aplanamento -Nível II (< 300m) com Dissecação Média e Nenhum ou Esporádicos Inselbergs e Tors
Unidades Denudacionais-Superfície de Aplanamento - Nível II (< 300m) com Dissecação Média e Muitos Tors e Hillocks Residuais
Unidades Denudacionais-Superfície de Aplanamento-Nível II (< 300m) com Dissecação Média e Grande Quantidade de Inselbergs
Unidades Denudacionais-Superfície de Aplanamento-Nível II (< 300m) com Dissecação Alta e Nenhum ou Esporádicos Inselbergs e Tors
Unidades Denudacionais-Superfície de Aplanamento-Nível III (200m) com Dissecação Alta e Nenhum ou Esporádicos Inselbergs e Tors
66°W
64°W
62°W
60°W
8°S
10°S
12°S
14°S