

## 1. INTRODUÇÃO

A nova fronteira de ocupação da Amazônia Brasileira estaria constituindo-se por frentes localizadas, impulsionadas por uma maior diversidade de atores e por diferentes motivações econômicas. Possui como origem um contexto diferenciado daquela das décadas de 1960 e 1970, quando o governo federal induziu a formação da fronteira agrícola na Amazônia, com seu prolongamento até as décadas de 1980 e 1990 (BECKER, 2005).

Neste contexto de ocupação, configura-se o arco de desmatamento em avanço contínuo, representando uma extensa região que cobre a porção leste, sudeste e sul da Amazônia Brasileira, entre os estados do Pará, Mato Grosso e Rondônia. No sul do Amazonas a pressão que estimula seu avanço se origina nos estados vizinhos, dentre eles Rondônia, que já conheceu os processos de desmatamento intensos relacionados à expansão da fronteira agropecuária e sua consolidação.

O município de Machadinho d'Oeste, fazendo parte do arco de desmatamento amazônico, apresenta como processo marcante de ocupação a implantação de projetos de assentamentos governamentais diferenciados. São projetos que possibilitaram estudos prévios de pedologia e topografia e delimitação de lotes agrícolas acompanhando a topografia do terreno, em contraste com a simples demarcação em forma de “espinha de peixe”, aplicado na maioria de outros assentamentos em Rondônia. Outro diferencial de ocupação refere-se a delimitação de unidades de conservação de uso sustentável, a partir de reservas florestais agrupadas, dispostas em blocos (BATISTTELA & BRONDIZIO, 2001). São unidades de conservação que têm funcionado como uma barreira contra o avanço do desmatamento. Entretanto, as ameaças do desmatamento ilegal transformaram essas unidades em áreas sob forte pressão, dada as suas respectivas localizações no arco de desmatamento amazônico.

O processo intenso de antropização ocorrido nas últimas décadas no município tem proporcionado condições para ajustes morfodinâmicos na paisagem em função da substituição da cobertura vegetal natural por cultivos agrícolas e, atualmente, também por pastagens. Nessas tendências de ajustes tem aumentado escoamento superficial das águas pluviais e iniciado processos erosivos induzidos acelerados, tendo como conseqüência assoreamentos e degradação na qualidade dos solos e águas, prejudicando uso futuro da terra e a biodiversidade.

Desta forma, o trabalho em apreço visa a compreensão do processo de ocupação do município de Machadinho d'Oeste e sua relação com a degradação ambiental e social com a

análise do equilíbrio natural da paisagem (erosão natural ou geológica) e processos erosivos acelerados induzidos como ajustes morfodinâmicos no município.

### **1.1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

O município de Machadinho d'Oeste localiza-se no nordeste de Rondônia (Figura 1), entre as coordenadas geográficas 62° 33' e 61° 27' de longitude oeste e 8° 34' e 9° 49' de latitude sul. Apresenta como limites os estados do Amazonas (a norte) e Mato Grosso (a leste) e os municípios rondonienses Vale do Anari (a sul), Cujubim, Rio Crespo e Ariquemes (a oeste).

O acesso à área pode ser feito a partir de Porto Velho pela rodovia federal asfaltada BR-364 em direção sul do estado. Após percorrer 200 km até a cidade de Ariquemes, segue-se mais 150 km pelas rodovias estadual não pavimentadas RO-257 e RO-133, até a área de estudo.

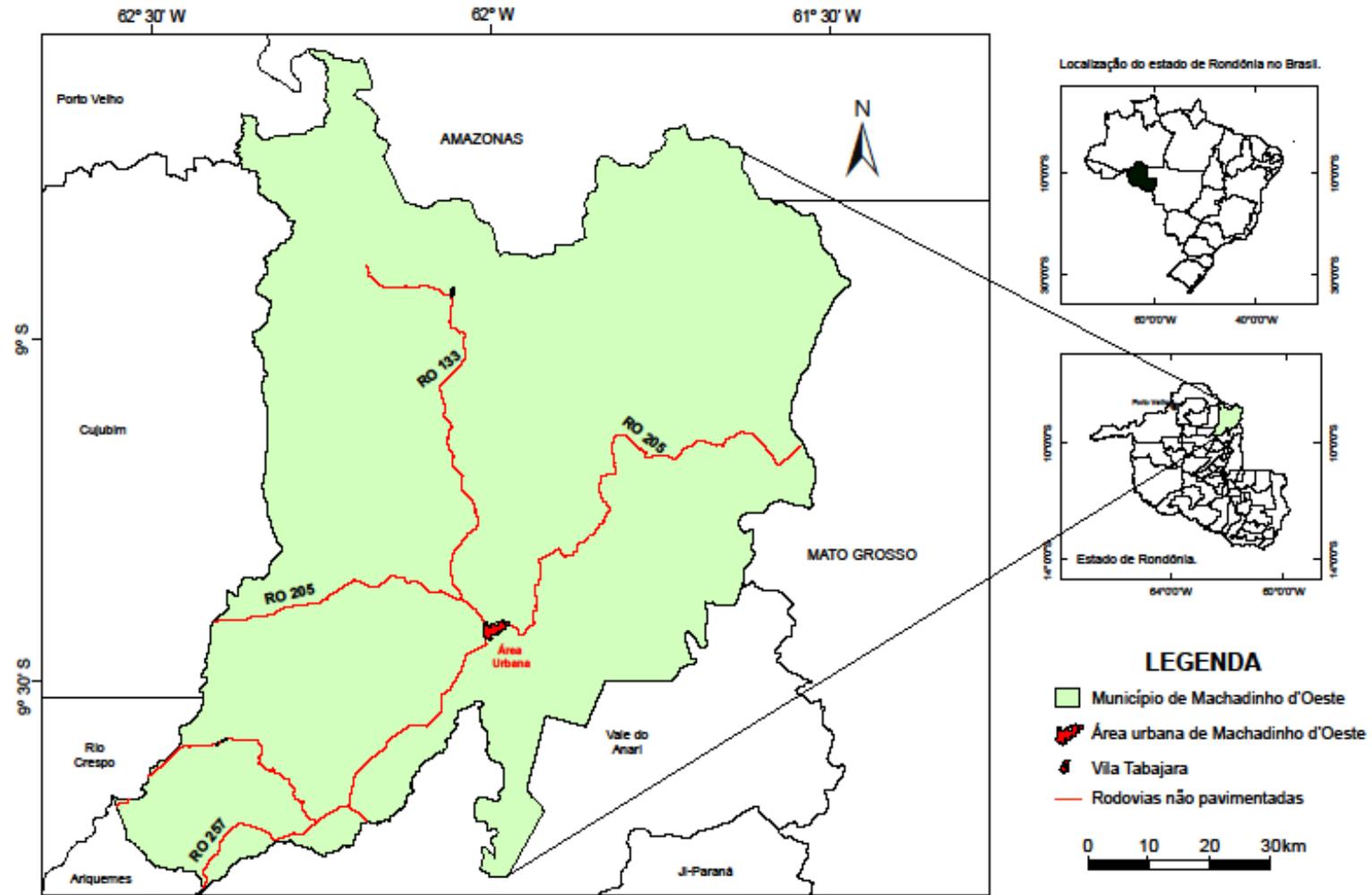


Figura 1. Mapa de localização do município de Machadinho d'Oeste (Modificado de RONDÔNIA, 2002b).

## **2. MÉTODOS, ETAPAS E MATERIAIS DA PESQUISA**

### **2.1. MÉTODO DE ANÁLISE**

As realidades existentes no município de Machadinho d'Oeste demonstram as interferências geradas pelas relações entre o local e o global. Percebe-se que a paisagem do município encontra uma organização desigual em suas porções, resultante de ações antrópicas exercidas ao longo dos anos e suas conseqüências de desequilíbrio morfodinâmico. De acordo com Amorim (2007) são nos recortes regionais que a manifestação do poder político encontra espaços para territorializar-se, o que promove um ordenamento do território usado. O estudo da categoria região na geografia, como categoria de análise do trabalho em apreço, se configura em um conceito chave que rege significativas particularidades e peculiaridades espaciais, haja vista as transformações que ocorrem no espaço sejam elas políticas, sociais, culturais, econômicas e/ou ambientais.

### **2.2. MÉTODOS DE OBTENÇÃO DOS DADOS**

O desenvolvimento da pesquisa dividiu-se em três etapas na busca da aquisição de dados. Na primeira etapa foram realizados levantamento bibliográfico e elaboração de mapas temáticos e de vulnerabilidade natural à erosão. Na segunda etapa, com os trabalhos de campo, caracterizou-se o meio físico, sua dinâmica e suas relações com a ocupação da área, com vistas ao entendimento morfodinâmico e validação dos mapas e dados obtidos no geoprocessamento. Na terceira etapa realizaram-se os estudos e análises de granulometria, mineralogia e petrografia das amostras coletadas no campo, obtendo-se dados mais detalhados para a avaliação da evolução da erosão acelerada, bem como para o entendimento do contexto e relações evolutivas dos Campos Amazônicos.

#### **Primeira etapa**

- Levantamento bibliográfico: foi realizado um levantamento de informações bibliográficas disponíveis abrangendo o tema, com a consulta do acervo bibliográfico de instituições públicas e privadas atuantes no estado, tanto em Porto Velho como em Machadinho d'Oeste, incluindo, também, a biblioteca virtual científica Scientific Electronic Library Online – SCIELO.
- Elaboração de mapas temáticos e de vulnerabilidade à erosão: para a elaboração desses mapas visando interpretação dos dados do meio físico, obtiveram-se as bases de dados do

PLANAFLORO (RONDÔNIA, 2002b), na escala de 1: 250.000 em formato “shapefile”, disponibilizados pelo Centro Técnico e Operacional de Porto Velho do Sistema de Proteção da Amazônia – SIPAM e da CPRM na escala de 1:1.000.00 (QUADROS & RIZZOTTO, 2007). Com esses dados disponíveis, utilizou-se os softwares TerraView para melhor visualização dos temas e o SPRING por ser um programa que possibilita operar em várias escalas e administrar dados vetoriais e matrizes, além de proporcionar o cruzamento de dados através do LEGAL/SPRING. Para a apresentação dos mapas temáticos utilizou-se o software ArcGIS.

O método adotado para a geração dos mapas de vulnerabilidade natural à erosão foi baseado na proposta de Crepani et al. (1996), que recentemente tem sido aplicado em outras áreas em Rondônia (SILVA & MANIESI, 2005) e no Acre (CHELLY & MANIESI, 2008). Desta forma, as unidades de paisagens são analisadas a partir do conceito de ecodinâmica de Tricart (1977), utilizando-se informações obtidas a partir das imagens de satélites para estudos integrados. Esse método estabelece uma relação entre os processos de morfogênese e pedogênese, onde ao predominar a morfogênese prevalecem os processos erosivos modificadores das formas de relevo, e ao predominar a pedogênese prevalecem os processos formadores de solos.

Na seqüência dos trabalhos integraram-se os mapas temáticos dos diversos componentes ambientais (clima, geologia, geomorfologia, pedologia e vegetação), atribuindo-se valores de vulnerabilidade (relativos e empíricos) a cada tema de análise. Tais valores consideram os processos que influenciam no desenvolvimento da pedogênese e/ou morfogênese e convencionados nas seguintes classes: estável, moderadamente estável, medianamente estável/vulnerável, moderadamente vulnerável e vulnerável. Com os valores atribuídos para as unidades de cada mapa temático reinterpretado sobre as imagens de satélite, são feitas as integrações destes mapas através da álgebra de mapas (BARBOSA, 1997) em um SIG, gerando o mapa de vulnerabilidade natural à erosão.

Desta forma, Crepani et al. (1996) atribuíram valores de estabilidade para cada unidade (Tabela 1) para expressar a vulnerabilidade natural à erosão. Esse modelo é aplicado a cada tema individualmente dentro de cada uma das unidades da paisagem natural. As unidades mais estáveis apresentarão valores mais próximos de 1,0, as intermediárias ao redor de 2,0 e as unidades de paisagens mais vulneráveis estarão próximas de 3,0.

**Tabela 1.** Avaliação da vulnerabilidade das unidades de paisagem natural com base em Tricart (1977).  
Fonte: Crepani et al. (1996).

UNIDADE	RELAÇÃO PEDOGÊNESE/MORFOGÊNESE	VALOR
Estável	Prevalece a pedogênese	1,0
Intermediária	Equilíbrio entre pedogênese e morfogênese	2,0
Instável	Prevalece a morfogênese	3,0

### Segunda etapa

- Trabalhos de campo: esta atividade visou o reconhecimento da área, verificar os tipos de uso e ocupação do solo, detectar tipos de degradação ambiental e processos de erosão acelerada e reconhecimento *in loco* das unidades caracterizadas em seus respectivos mapas temáticos.

Com a disponibilidade dos mapas obtidos através de técnicas de geoprocessamento, os trabalhos de campo auxiliaram na caracterização e validação das classes de vulnerabilidade natural à erosão, obtenção de dados envolvendo processos de erosão acelerada e suas relações com a geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e atividades antrópicas.

Os trabalhos de campo foram desenvolvidos em um total de 7 dias, distribuídos em duas etapas. Uma primeira etapa (10 a 12/05/2007) refere-se a uma fase de reconhecimento e primeiros registros fotográficos. Uma segunda etapa (17 a 20/06/2008) onde se teve a oportunidade de se realizar a descrição detalhada dos pontos visitados com coleta de amostras e registros fotográficos.

No campo foram realizados 26 pontos georreferenciados de observação e descrição, dentre os quais 7 pontos com registros fotográficos, 10 pontos com registros fotográficos e coletas de amostras e 1 ponto com coleta de amostra e posterior análise em laboratório e 8 pontos com registros fotográficos, coletas de amostras e posterior análise em laboratório. No total foram coletadas 26 amostras, dentre elas 8 de rochas e 18 de sedimentos e solos, bem como foram obtidas 813 fotografias no campo, e, no laboratório, 65 fotomicrografias e 427 fotografias dos grãos de sedimentos e solos na fração areia.

A análise da natureza dos materiais ocorreu através de observações diretas no campo e trabalhos complementares com a interpretação de lâminas petrográficas e granulométricas em laboratório. Como auxílio para os trabalhos de campo foram obtidos dados georreferenciados no GPS e foram posteriormente integrados a um SIG, gerando informações para a elaboração dos mapas temáticos e de localização.

### **Terceira etapa (trabalhos no laboratório)**

Análises petrográficas: inicialmente esta etapa de trabalho voltou-se para a descrição e análises petrográficas mesoscópicas, com o objetivo de selecionar amostras para o posterior exame microscópico. Para as três rochas selecionadas foram confeccionadas seções delgadas (MCH-9; MCH-15 e MCH-16), utilizando-se dos equipamentos laboratoriais da CPRM de Porto Velho e Manaus.

As seções delgadas foram examinadas na CPRM/Porto Velho, com auxílio de um microscópio petrográfico binocular sob luz polarizada. Esses estudos permitiram a caracterização microscópica da mineralogia, feições texturais e estruturais das rochas, como estudado por Maniesi (1997), Maniesi & Oliveira (1997) e Maniesi & Oliveira (2002), além da identificação dos constituintes detríticos e autigênicos e a avaliação dos percentuais modais de seus constituintes minerais.

A preparação inicial da elaboração de seções delgadas foi realizada na CPRM de Porto Velho, com cortes na rocha em fatias, com a menor espessura possível e tamanhos próximos a 2 x 4 cm. Para a etapa seguinte as fatias de rocha foram encaminhadas para a CPRM de Manaus para desbastamento da amostra com pó abrasivo na politriz até o seu rebaixamento a uma espessura na ordem de 0,03 mm, verificada na cor de interferência de grãos de quartzo.

Para amostra MCH-9 por tratar de uma rocha friável, teve-se a necessidade de um cozimento prévio com bálsamo do Canadá num recipiente durante certo tempo e depois resfriada. Com a penetração do bálsamo nas fraturas e poros da rocha, produziu-se a sua cimentação e a seguir foi serrada, seguindo, a partir de então, o mesmo método para as demais amostras.

Análises granulométricas: as análises granulométricas foram realizadas para identificar as diferentes proporções entre areia e silte+argila dos materiais coletados. A caracterização granulométrica realizada no laboratório da CPRM de Porto Velho, com a utilização de lupa binocular. Levou-se em conta as análises de populações de partículas, ou seja, a medida de frequências relativas de partículas dentro de intervalos de tamanhos. O resultado obtido representa a frequência relativa com que os diferentes tamanhos entre um limite superior e um limite inferior estão presentes na população de partículas.

O método empregado foi o de peneiramento a seco, utilizando-se séries padronizadas de peneiras, com diâmetros conhecidos de abertura de suas malhas compreendidos nas classes de areia muito grossa (1 a 2 mm), areia grossa (0,5 a 1 mm), areia média (0,25 a 0,50 mm),

areia fina (0,125 a 0,250 mm) e areia muito fina (0,062 a 0,125 mm), da escala granulométrica segundo a classificação de Wentworth (1922).

As peneiras selecionadas foram colocadas uma sobre a outra, em ordem decedente de abertura da tela, com uma tampa e um fundo, possuindo um encaixe, de modo que não haja perdas de material. A massa de material sedimentar foi suficiente para fornecer massas significativas em cada tela. O conjunto é levado a um dispositivo vibrador e deixado vibrar por um tempo necessário para que haja a separação das partículas de diferentes tamanhos.

Análises mineralógicas: estas análises foram realizadas com o auxílio de em lupa binocular nos intervalos granulométricos da fração areia, em seis amostras selecionadas para análises granulométricas (MCH-4, MCH-7, MCH-8, MCH-9, MCH-18 e MCH-22). Para cada classe granulométrica, desde areia muito grossa a areia muito fina foram observadas as frações na lupa binocular, levando-se em conta as características dos grãos e o grau de arredondamento, bem como para determinação mineral a partir de suas propriedades como: cor, brilho, clivagem, magnetismo, traço, dureza e transparência.

### 3. O MUNICÍPIO DE MACHADINHO D'OESTE

O município de Machadinho d'Oeste surgiu como NUAR - Núcleo Urbano de Apoio Rural do Projeto de Colonização Machadinho (Fotografia 1), implantado pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - INCRA, em 1982, como parte do POLONOROESTE, cujo nome foi dado em homenagem ao importante rio, afluente do rio Machado, que corta a área do projeto (FILHO, 1995).

Até 1987 a área de Machadinho d'Oeste fazia parte dos municípios de Ariquemes, Jaru e Ji-Paraná. Somente em 1988 ele se tornou município pela Lei 198 de 11/05/88, com seus limites ampliados, resultando uma área total de 8.556 km<sup>2</sup>, sendo ocupada por 32.214 habitantes, segundo o censo de 2008 (IBGE, 2008b).



**Fotografia 1.** Visão geral do Núcleo Urbano de Apoio Rural - NUAR Machadinho, no ano de 1986.  
Fonte: Foto obtida na Unidade Avançada do INCRA de Machadinho d'Oeste, autor desconhecido.

### **3.1. INFLUÊNCIA DOS PROGRAMAS DE COLONIZAÇÃO NOS MODOS DE OCUPAÇÃO NO MUNICÍPIO DE MACHADINHO D'OESTE**

Em 1966 foi iniciada uma nova fase dos programas de desenvolvimento do governo brasileiro para a exploração econômica da região amazônica. O foco do planejamento de desenvolvimento regional foi deslocado para a região relativamente isolada do norte do país (KOHLHEPP, 2002).

Com a finalidade de promover, executar e controlar a reforma agrária o INCRA dispôs, em 1970, de um esquema de colonização em larga escala para a maior porção do espaço nacional: a Amazônia. Os projetos recentes de colonização oficial se iniciaram com o PIN (Programa de Integração Nacional), prevendo a sua colonização numa faixa de 100 km de cada lado a cada rodovia federal (BECKER, 1998).

Outros projetos foram implantados cada um com um grau diferente de responsabilidade do INCRA, são eles: PIC (Projeto Integrado de Colonização), PA (Projeto de Assentamento) e PAR (Projeto de Assentamento Rápido). O PIC teve como objetivo organizar o assentamento, inclusive com assistência financeira e técnica aos colonos, geralmente assentados em grandes extensões de área, envolvendo significativo número de famílias. O PA e PAR foram criados visando a regularização de glebas rurais com recursos federais disponíveis basicamente para a demarcação topográfica, sem haver o aporte de recursos para implantação de infra-estrutura básica. Desta forma, a atuação do Estado se restringe a simples demarcação e titulação das parcelas ocupadas espontaneamente.

De acordo com Becker (1998), para a ocupação rápida do território dois instrumentos básicos foram utilizados: a) a consolidação da rodovia BR-364, que permitiu canalizar os fluxos de agricultores expropriados pela modernização agrícola do sul do país; b) o PIC (Projeto Integrado de Colonização) que apresentou um significativo efeito-demonstração. Isto em função de um pequeno número de parceleiros que foram assentados com a assistência do Estado, atraindo grande massa de população que “espontaneamente” se assenta com suas próprias mãos de acordo com o modelo oficial, sendo posteriormente a sua situação regularizada.

Em contrapartida, o fluxo populacional excedeu em muito a capacidade de controle do INCRA, obrigando o Estado a se adaptar, recorrendo a novas formas de assentamento cada vez com menores lotes (50 ou 20 ha, em vez de 100) e menor investimento do Estado.

A procura de um pedaço de terra para plantar, mais de 20.000 brasileiros migraram para Rondônia somente entre janeiro e fevereiro de 1987, vindos de diversas partes do

território nacional. Apesar das dificuldades crescentes que enfrenta o estado, o mito da terra prometida continua mobilizando e atraindo homens e mulheres de todo o país, sobretudo os marginalizados pelo processo de modernização da agricultura do centro-sul do país (MIRANDA et al., 1998).

Dois momentos se identificam no processo. O primeiro relaciona-se aos projetos do tipo PIC, onde se tinha maior assistência ao colono e localizaram-se nos estados do Pará e Rondônia. Quando o fluxo de migrantes tornou-se não controlado intensificaram-se os conflitos e potencializaram-se ainda mais com a crise do final dos anos 70. Em um segundo momento, multiplicaram-se rapidamente os assentamentos, porém sem assistência aos colonos. São situações que ocorreram desde o fim da década de 1970 até o início da década de 1980 nos estados de Rondônia, Acre, Amazonas e Roraima, e, de modo simultâneo, o governo delegava à iniciativa privada os projetos de colonização (BECKER, 1998).

### **3.1.1. POLONOROESTE e o Projeto Machadinho**

Em maio de 1981 é criado o Programa Integrado de Desenvolvimento do Noroeste do Brasil (POLONOROESTE), como tentativa de racionalizar quadro regional de ocupação. Com recursos do governo brasileiro e do Banco Mundial, sob a coordenação da Superintendência de Desenvolvimento do Centro-Oeste (SUDECO), o POLONOROESTE abrangeu a área de influência da rodovia BR-364, entre Cuiabá e Porto Velho. Teve os seguintes objetivos principais: contribuir para a maior integração nacional; promover a adequada ocupação demográfica da região noroeste do Brasil, absorvendo populações economicamente marginalizadas de outras regiões e proporcionando-lhes emprego; aumentar a produção da região e a renda de sua população; reduzir as disparidades de desenvolvimento intra e inter-regionais; assegurar o crescimento da produção em harmonia com as preocupações de preservação do sistema ecológico e de proteção às comunidades indígenas.

A expectativa do POLONOROESTE era destinar os recursos na ordem de US\$ 1.288.000.000,00 prioritariamente para infra-estrutura de transporte, que incluía a reconstrução e pavimentação dos 1450 km da BR-364 entre Cuiabá e Porto Velho (WORLD BANK, 1992).

Dentre as ações do programa, incluiu a implantação de dezenas de projetos de colonização agrícola, como o de Machadinho d'Oeste, visando o assentamento de pequenos agricultores sem-terras para a prática de agricultura familiar (RONDÔNIA, 2002a).

O Projeto de Assentamento Machadinho d' Oeste foi criado em 1980 e implantado em 1982 através do POLONOROESTE. A primeira fase de implantação do projeto (MATTOS &

YOUNG, 1991) foi desenvolvida em uma área 209.000 ha, com 2.934 lotes para colonos, divididos em 4 glebas, além de um núcleo urbano principal (2.000 ha), um aeroporto (59 ha), 10 núcleos secundários (953 ha) e 17 reservas florestais (68.000 ha).

Em função dos estudos pedológicos e topográficos previamente realizados, o projeto de Machadinho d'Oeste inovou no desenho de sua grade de propriedades. Enquanto a maioria dos assentamentos rurais de Rondônia foi implantada seguindo o modelo “espinha de peixe”, no projeto Machadinho as estradas e lotes acompanharam sempre que possível a topografia. Além disso, o projeto também incluiu as reservas florestais agrupadas, dispostas em blocos, que posteriormente foram decretadas como Reservas Extrativistas Estaduais (BATISTTELA & BRONDIZIO, 2001).

Na seqüência da política de colonização da Amazônia, novos projetos foram implantados e regularizados pelo INCRA, e, a partir do ano de 1995, o município teve a participação em mais 13 outros projetos de assentamentos, são eles: Machadinho, Pedra Redonda, Santa Maria I, Tabajara, União, Santa Maria II, Tabajara II, Lajes, Cedro Jequitiba, Amigos do Campo, Asa do Avião, Maria Mendes e o Projeto de Desenvolvimento Sustentado Agrário Cernambi (Figura 2).

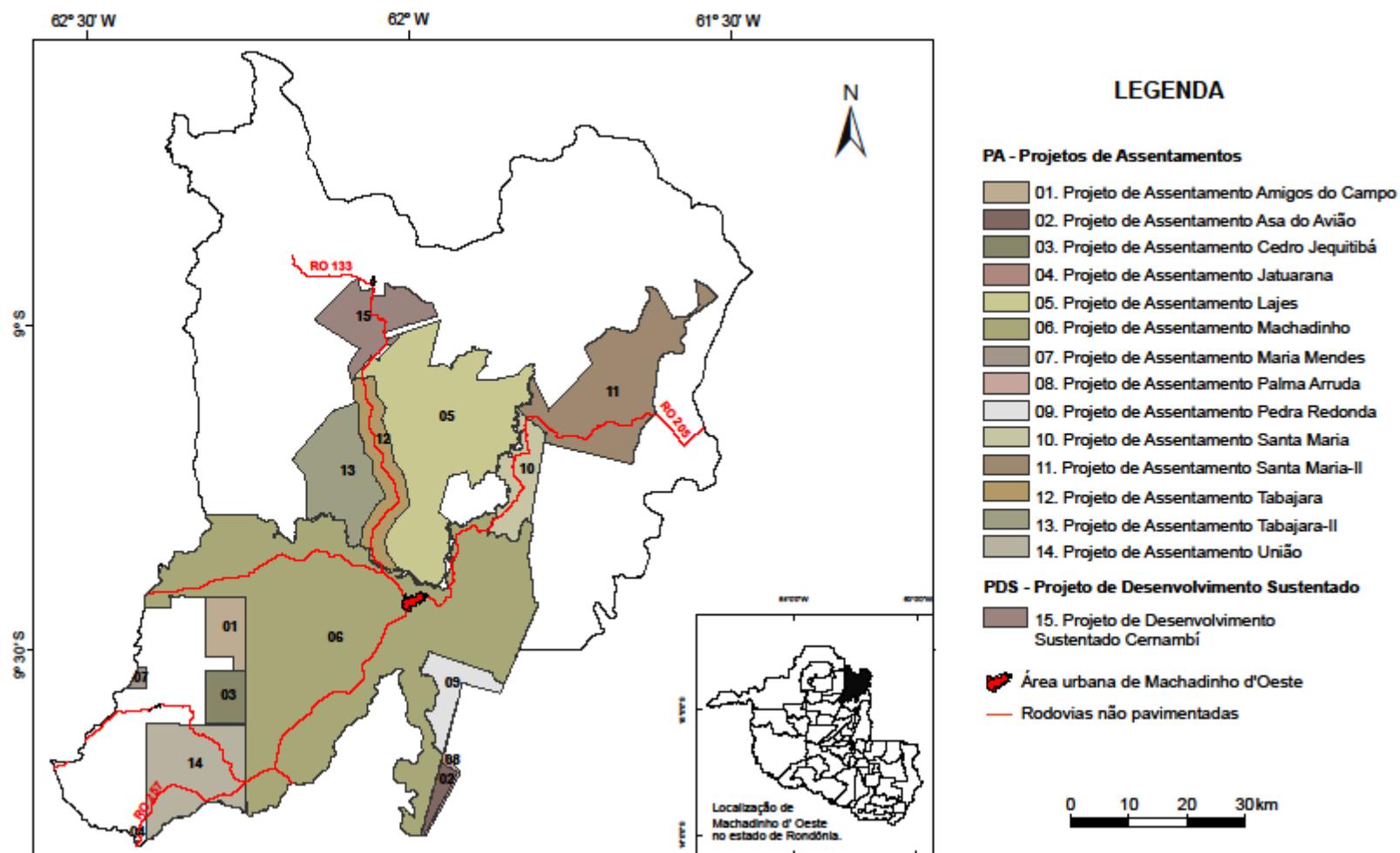


Figura 2. Mapa de Projetos de Assentamentos do município de Machado d'Oeste (Modificado de RONDÔNIA, 2002b).

### 3.1.2. PLANAFLORO

O PLANAFLORO (Plano Agropecuário e Florestal de Rondônia) foi o projeto sucessor do POLONOROESTE, sendo elaborado e negociado pelo governo do estado entre 1988 e 1991, aprovado pelo Senado Federal em janeiro de 1993, e teve seu desenvolvimento até dezembro de 2002 (RONDÔNIA, 2002a).

Em face das circunstâncias, o PLANAFLORO se direcionou para a consolidação da infra-estrutura instalada e conservação ambiental. O objetivo era viabilizar a ocupação econômica e auto-sustentada de Rondônia, por meio da melhoria da qualidade de vida dos produtores rurais e do manejo adequado dos recursos naturais, tendo como público alvo os pequenos produtores rurais, seringueiros, pescadores e populações indígenas.

Para subsidiar a elaboração do PLANAFLORO foi idealizado o zoneamento socioeconômico e ecológico como uma estratégia para reverter os problemas sociais e ambientais causados pela expansão desordenada da fronteira agrícola. Sua primeira aproximação ocorreu ainda durante o POLONOROESTE, entre 1986 e 1988, com escala de trabalho e representação de 1:1.000.000.

Entre 1996 e 1998 foram realizados estudos para subsidiar a elaboração da segunda aproximação do zoneamento socioeconômico e ecológico de Rondônia, que foi concluída em 1999 e instituída pela Lei Complementar 233, de 06 de junho de 2000, utilizando-se escala de trabalho de 1:250.000 e representação de 1:1.000.000.

O resultado desta segunda aproximação foi a definição de três zonas para todo o estado, sendo a primeira dividida em quatro, a segunda em duas e a terceira em três subzonas. Na área do município de Machadinho d'Oeste estão delimitadas as Subzonas 1.1; 1.2; 1.3; 2.1; 3.1 e 3.2, com as seguintes características:

**Subzona 1.1** – áreas com alto nível de ocupação humana e alto potencial natural (solo com boa aptidão agrícola e com baixa suscetibilidade a erosão), onde o uso da floresta natural já não pode ser feito, dado o elevado nível de antropismo.

**Subzona 1.2** – médio nível de ocupação humana (potencial social), todavia em processo acelerado de ocupação agropecuária, com conversão da floresta, mais ainda predominando a cobertura florestal natural, onde a aptidão agrícola preponderante é regular, a vulnerabilidade natural à erosão é predominantemente baixa e média, recomendou-se à regularização fundiária, mas com controle de exploração florestal e do desmatamento.

**Subzona 1.3** – áreas onde predomina a cobertura vegetal natural, cujo processo de ocupação agropecuária é incipiente, com expressivo potencial florestal, com aptidão agrícola predominantemente restrita, médio nível de suscetibilidade à erosão, recomendou-se que as

atividades agropecuárias existentes podem ser mantidas, mas sua expansão não deve ser estimulada.

**Subzona 2.1** – áreas onde o nível de ocupação humana é pouco expressivo ou inexpressivo e a suscetibilidade à erosão é significativa, recomendou-se que sejam exploradas em seu estado natural ou conservadas. Nestas zonas os estudos indicaram existência de espécies raras de animais ou vegetais ou ambientes raros.

**Subzona 3.1** – áreas constituídas por unidades de conservação do uso sustentável.

**Subzona 3.2** – áreas constituídas por unidades de proteção integral.

No período do PLANAFLOOR porções do município de Machadinho d'Oeste foram constituídas por 18 unidades de conservação estaduais, com a finalidade de conservar a natureza. Posteriormente, em 2006, uniram-se a estas unidades o Parque Nacional Campos Amazônicos e a Reserva Biológica Jaru, ambas como unidade de conservação federal (Figura 3). São unidades de conservação divididas em dois grupos com características específicas, são eles: Unidades de Proteção Integral e Unidades de Uso Sustentável.

**a) Unidades de Proteção Integral:** nestas unidades é admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais, fazendo parte no município as seguintes unidades: Parque Nacional e Reserva Biológica.

- **Parque Nacional:** tem como objetivo a preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, possibilitando a realização de pesquisas científicas e o desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, de recreação em contato com a natureza e de turismo ecológico (MMA, 2004).

No município tem-se como Parque Nacional os Campos Amazônicos, criado em 21 de junho de 2006, com 873.570 mil hectares. Abrange os municípios de Manicoré e Nova Aripuanã no Amazonas, Machadinho d'Oeste em Rondônia e Colniza no Mato Grosso. Abrange ainda os trechos dos rios Roosevelt, Guaribas, Branco, Madeirinha e Ji-Paraná, estando inserida no arco do desmatamento.

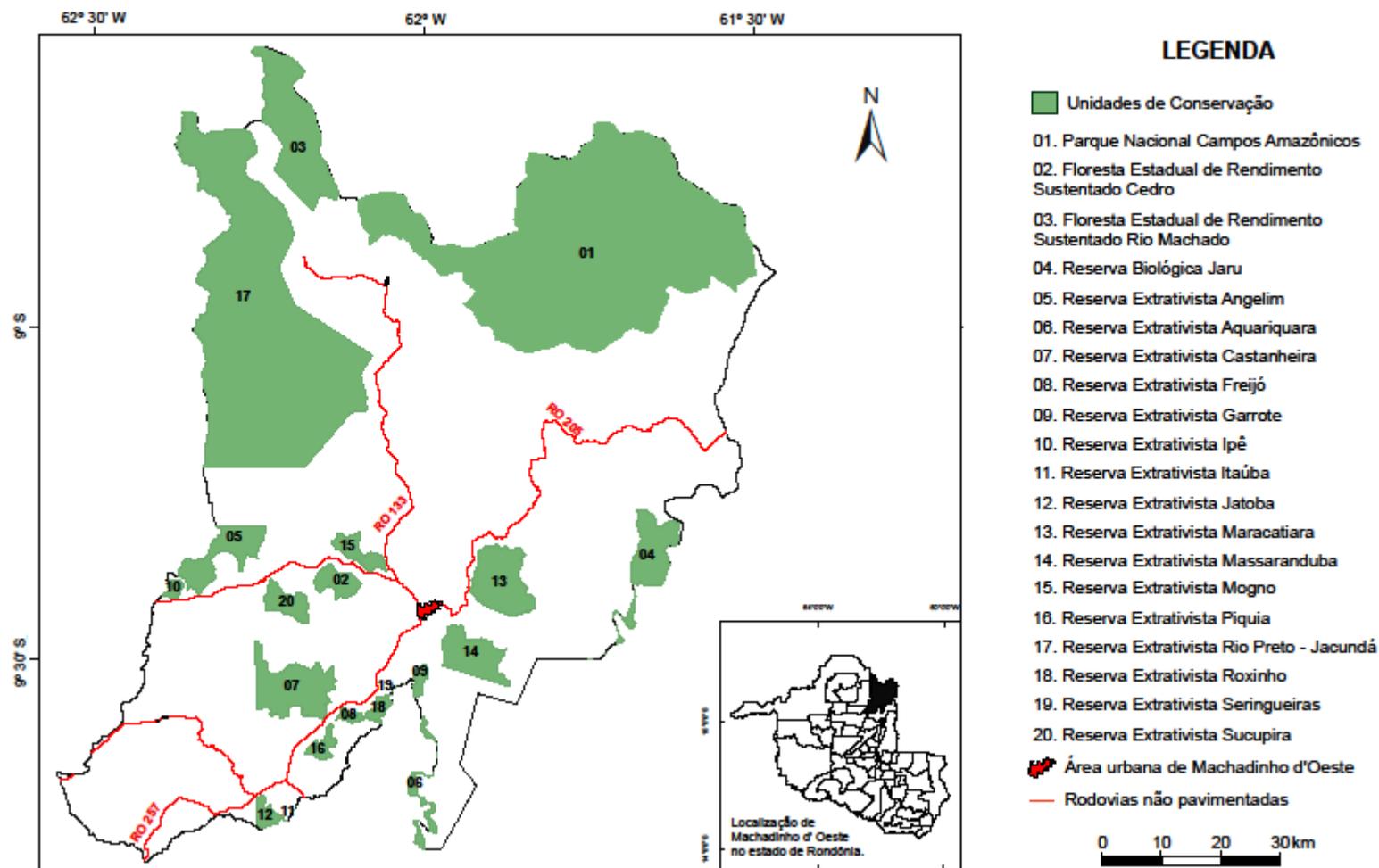


Figura 3. Mapa de Unidades de Conservação do município de Machado d'Oeste (Modificado de RONDÔNIA, 2002b).

O parque é composto por três blocos separados por uma faixa de cinco quilômetros de cada lado da estrada do Estanho que cruza a unidade de conservação. Protege uma enorme variedade de ecossistemas, incluindo diferentes formações florestais, bem como trata-se de uma das maiores manchas de cerrado – os "campos" de toda Amazônia.

- **Reserva Biológica:** tem como objetivo a preservação integral da biota e demais atributos naturais existente em seus limites, sem interferência humana direta ou modificações ambientais, excetuando-se as medidas de recuperação e seus ecossistemas alterados e as ações de manejo necessárias para recuperar e preservar o equilíbrio natural, a diversidade biológica e os processos ecológicos naturais (MMA, 2004).

Como representante desta unidade tem-se a Reserva Biológica Jaru, criada pelo decreto Federal 83.716 de 11 de julho de 1979, e ampliada em 2006 incorporando áreas de Machadinho d' Oeste. Está situada na parte leste do município e encontra-se drenada pelos tributários da bacia hidrográfica do rio Machado. Abrange os municípios de Machadinho d'Oeste, Ji-Paraná, Vale do Anari, Ouro Preto (RONDÔNIA, 2002a).

**b) Unidades de Uso Sustentável:** o objetivo básico das Unidades de Uso Sustentável é compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais. Estão representadas no município de Machadinho d'Oeste pela Reserva Extrativista e pela Floresta Estadual de Rendimento Sustentado.

- **Reserva Extrativista:** trata-se de uma área utilizada por populações extrativistas tradicionais, cuja subsistência baseia-se no extrativismo e, complementarmente, na agricultura de subsistência e na criação de animais de pequeno porte. Tem como objetivos básicos proteger os meios de vida e a cultura dessas populações, e assegurar o uso sustentável dos recursos naturais da unidade (MMA, 2004).

Das 25 Reservas Extrativistas atualmente existentes em Rondônia, 16 fazem parte do município de Machadinho d'Oeste (Tabela 2) onde 15 delas foram originadas a partir de áreas de antigas Reservas Florestais criadas em blocos no Projeto de Assentamento Machadinho (RONDÔNIA, 2002a). Estão distribuídas de forma aleatória, sem conexão entre elas.

**Tabela 2.** Reservas Extrativistas do município de Machadinho d'Oeste. Fonte: Rondônia (2002a) e \*SIPAM (2006).

UNIDADE	DECRETO DE CRIAÇÃO ESTADUAL	ÁREAS (HECTARES)	NÚMERO DE HABITANTES	ÁREA COM VEGETAÇÃO NATURAL (%)
ANGELIM	7095 de 04/09/1995	8.923,2090	10	100
AQUARIQUARA	7106 de 04/09/1995	18.100,00	181	97,94
CATANHEIRA	7105 de 04/09/1995	10.200,00	27	98,89
FREIJÓ	7097 de 04/09/1995	600,3607	04	98,94
GARROTE	7109 de 04/09/1995	802,5166	09	99,78
IPÊ	7101 de 04/09/1995	815,4633	28	99,48
ITAÚBA	7100 de 04/09/1995	1.758,0759	13	97,58
JATOBÁ	7102 de 04/09/1995	1.135,1793	03	89,51
MARACATIARA	7096 de 04/09/1995	9.503,1284	66	98,59
MASSARANDUBA	7103 de 04/09/1995	5.566,2166	18	100
MOGNO	7099 de 04/09/1995	2.450,1162	13	99,39
PIQUIÁ	7098 de 04/09/1995	1.448,9203	16	96,49
ROXINHO	7107 de 04/09/1995	882,2141	09	99,17
SERINGUEIRAS	7108 de 04/09/1995	537,4691	04	98,45
SUCUPIRA	7104 de 04/09/1995	3.188,0291	Não há dados	98,8
RIO PRETO-JACUNDÁ	7336 de 17/01/1996	115.278,7366	139	97,5*

- **Floresta Estadual de Rendimento Sustentado (FERS):** é uma área natural que abriga populações tradicionais, cuja existência baseia-se em sistemas sustentáveis de exploração dos recursos naturais desenvolvidos ao longo de gerações e adaptados às condições ecológicas locais, desempenhando um papel fundamental na proteção da natureza e na manutenção da diversidade biológica (MMA, 2004).

No município de Machadinho d'Oeste estão delimitadas as FERSs Rio Machado e a Cedro. A FERS Rio Machado foi criada pelo Decreto Estadual 4571 de 23 de março de 1990, situada na porção norte do estado e com uma área de 115.750,3359 ha, compreende os municípios de Porto Velho e Machadinho d'Oeste. A FERS Cedro, por sua vez, foi criada pelo Decreto Estadual 7601 de 08 de outubro de 1996 e está situada no município de Machadinho d'Oeste com uma área de 2.566,743 ha.

### 3.2. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

O município de Machadinho d'Oeste apresenta como processo marcante de ocupação a implantação de projetos de assentamentos governamentais diferenciados. São projetos que possibilitaram a delimitação de unidades de conservação de uso sustentável e integral, bem como lotes agrícolas e estradas acompanhando a topografia do terreno, em contraste com a simples demarcação em forma de “espinha de peixe” aplicado na maioria dos assentamentos em Rondônia.

Trata-se de um modo de ocupação que tem direcionado a configuração das atividades desenvolvidas inicialmente ligadas à agricultura e a exploração madeireira e, posteriormente, a pecuária. As atividades extrativistas também se mostram de importância significativa no município. São unidades ocupadas de modo sustentável por populações tradicionais, com a prática de um modelo de uso e ocupação bem diferente do que se observa no entorno dessas unidades, tendo como principal produto explorado a borracha, além da castanha e óleo de copaíba.

A ocupação dos lotes instalados pelo Projeto de Assentamento Machadinho não foi aleatória. No início da ocupação (década de 1980), após desmatar uma parte do seu lote, o agricultor ocupava a maior parte do seu tempo com cultivo de culturas anuais. As áreas com culturas perenes, capoeira e pastagens ficavam restritas a poucos hectares. Com o passar do tempo, o crescimento da área destinada às culturas anuais diminuiu, dando lugar às culturas perenes, pastagens e capoeira. A área ocupada por culturas perenes tem ultrapassado a de culturas anuais por volta de 5 anos de idade do lote. Após 6 anos, a tendência dos lotes tem sido apresentar maior área ocupada por pastagens e capoeira (MATTOS & YOUNG, 1991).

Nessas circunstâncias agrícolas foi implantado na sede da EMBRAPA em Machadinho d'Oeste o campo experimental de Sistemas Agroflorestais (SAFs) durante o assentamento de agricultores pelo Projeto Integrado de Colonização do INCRA, com os trabalhos executados através de recursos do POLONOROESTE. Trata-se de uma alternativa à monocultura agrícola, por serem capazes de manter a fertilidade dos solos e a sustentabilidade (ALMEIDA et al., 1995). O SAFs de Machadinho d'Oeste ocupa uma área de 208 ha, desse total, somam-se 170 hectares com mata virgem e espécies agrícolas nativas e outras adaptáveis.

As dificuldades da implantação da agricultura familiar e de entender a dimensão e a dinâmica desta ocupação agrícola cada vez mais consolidada na Amazônia e seu impacto

ambiental proporcionou em 1982 o desenvolvimento de um projeto de monitoramento ambiental (EMBRAPA/ECOFORÇA) de médio e longo prazo, através do acompanhamento de um número significativo de propriedades rurais no município de Machadinho d'Oeste. Teve como objetivo a caracterização e o monitoramento dos sistemas de produção praticados pelos pequenos agricultores e também a elaboração de uma série temporal e espacial de dados sobre custos de produção, desempenho dos diversos cultivos, evolução dos sistemas de produção em uso, além de gerar indicadores sobre a sustentabilidade da atividade agrícola na Amazônia (MANGABEIRA et al., 2002).

Por outro lado, a pecuária vem se tornando uma atividade econômica cada vez mais incorporada no município, e tem permitido a curto prazo a capitalização da agricultura ao mesmo tempo em que justifica a apropriação de grandes quantidades de terra por poucos. A exploração da madeira complementa o quadro do uso do solo (BECKER, 1998), intensificando a pressão sob novas áreas.

As unidades de conservação delimitadas em Machadinho d'Oeste têm funcionado como uma barreira contra o avanço do desmatamento. Entretanto, as ameaçadas pelo desmatamento ilegal transformam essas unidades em áreas sob forte pressão, uma vez que o município está inserido no arco do desmatamento amazônico (Figura 4), ou seja, em uma porção regional compreendendo o leste, sudeste e sul da Amazônia, configurado devido ao avanço da fronteira agrícola (MACHADO & AGUIAR, 2001).

Entre os fatores apontados para o surgimento da fronteira agrícola está a disponibilidade de créditos e subsídios fiscais para a agropecuária e implantação da malha rodoviária a partir da instalação de projetos de assentamentos que mobilizaram importantes recursos financeiros nas décadas de 1970 e 1980 (LIMA & MAY, 2005).

Nas duas últimas décadas, os fatores que possibilitam o avanço da fronteira agrícola na Amazônia Legal e a crescente taxa de desmatamento sugerem que uma nova dinâmica está influenciando o desmatamento na região, estando relacionada a dois elementos centrais: **1)** a estratégia de integração da Amazônia ao espaço produtivo brasileiro, juntamente com a consolidação da política de integração regional da América do Sul, pelos programas Brasil em Ação (1996/1999) e Avança Brasil (2000/2003); e **2)** a política macroeconômica de cunho exportadora que impulsiona atividades econômicas como a pecuária, a exportação de commodities agrícolas e a extração madeireira, especialmente as ilegais (FEARNSIDE & LAURANCE, 2002).



**Figura 4.** Amazônia Legal e localização do arco do desmatamento. Fonte: Machado & Aguiar (2001).

A dinâmica dos desmatamentos é diferente entre os estados da Amazônia, que tem suas políticas fundiárias e históricos de ocupação distintos. O processo de desmatamentos em Rondônia, caracterizado pela ocupação primeiramente de pequenos colonos, é bastante distinto dos ocorrentes no Pará e no Mato Grosso. É diferente também em relação à localização ao longo do arco do desmatamento, dependendo principalmente do grau de consolidação da fronteira, isto é, da distância aos mercados, da existência de mão-de-obra e de infra-estrutura, particularmente de estradas e também do tipo de vegetação e, portanto, da existência de madeiras comercializáveis (MARGULIS, 2000).

Verifica-se que ao longo do processo de ocupação a extração de madeira, agricultura e pecuária são as principais atividades econômicas que determinam o uso do solo no município de Machadinho d'Oeste.

**a) Setor madeireiro:** este setor tem caráter pioneiro no estado de Rondônia. Foi um dos setores responsáveis pela expansão do estado, com a criação de novos municípios e ainda exerce peso decisivo na sua economia (SANTOS, 2007). Segundo dados do IBGE (2007), no ano de 2006 a quantidade de madeira em tora chegou a 372.760 metros cúbicos e em 2007 chegou a 375.000 metros cúbicos (IBGE, 2008a). Esses números levam em conta somente a madeira extraída de forma legal.

**b) Agricultura:** pelo processo de colonização da área ainda há uma predominância de agricultura familiar, aberta a absorção de mão-de-obra (Fotografias 2 e 3). As culturas praticadas são dos tipos temporárias, onde a produção de arroz ganha destaque por ser cultivada pela maioria dos agricultores, e do tipo permanente, onde o café é a cultura mais cultivada. A baixa fertilidade e/ou conhecimento do solo é apontado pelos agricultores como o principal problema que limita a produção agrícola (EMBRAPA, 2009) e que não utilizam técnicas e práticas de conservação do solo no cultivo do café (Tabela 3).

**c) Pecuária:** a pastagem representa o uso do solo mais significativo da área desmatada. O incremento da bovinocultura corresponde também ao aumento do desmatamento em Rondônia. Em Machadinho d'Oeste a pecuária apresenta quantidade de destaque para os bovinos, seguidos por galinhas, vacas e suínos.

**Tabela 3.** Dados da produção agrícola e da pecuária em Machadinho d'Oeste em 2005 e 2007. Fonte: Modificado de IBGE (2007; 2008a).

PRODUÇÃO		Quantidade produzida 2005	Quantidade produzida 2007
AGRICULTURA PERMANENTE (toneladas)	Café	7.560	1.474
	Banana	3.543	933
	Cacau	450	450
	Mamão	16	24
AGRICULTURA TEMPORÁRIA (toneladas)	Mandioca	64.200	64.200
	Arroz	5.756	4.637
	Milho	5.250	5.775
	Feijão	190	836
PECUÁRIA (cabeças)	Bovino	200.750	215.719
	Galinha	40.774	50.602
	Vaca	28.156	27.993
	Suíno	9.446	9.055



**Fotografia 2.** Plantação de milho, RO-133, a aproximadamente 7 km da área urbana, ponto MCH-20.  
Autora: Fabiana Barbosa Gomes, maio de 2007.



**Fotografia 3.** Plantação de café, linha TF 05, ponto MCH-4A.  
Autora: Fabiana Barbosa Gomes, junho de 2008.

### **3.3. CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO**

#### **3.3.1. Clima**

Segundo a classificação de Köppen o tipo climático da região é do tipo Aw quente e úmido, apresentando precipitação elevada. A média anual da precipitação ocorre em seis faixas diferentes no município que vão de 2.100 a 2.600 mm/ano e com temperaturas médias de 24 a 26 graus (Figura 5).

Os maiores déficits hídricos podem ser registrados nos meses de julho, agosto e setembro. Nesse período também ocorrem às temperaturas médias mensais e diárias mais elevadas. As maiores precipitações incidem nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março, com média acima de 2.700 mm/ano (MIRANDA et al., 1997).

Ainda com relação a temperatura, ocorre na região o fenômeno da “friagem”, que consiste em queda de temperatura brusca e de curta duração. Esse fenômeno é consequência da penetração das massas de ar procedentes da Patagônia, invadem até a região equatorial, através da depressão do vale do rio Guaporé (RONDÔNIA, 2002b).

#### **3.3.2. Hidrografia**

O município de Machadinho d'Oeste está inserido na bacia do rio Machado, que representa a mais extensa dentre as sete bacias hidrográficas de Rondônia, possuindo o segundo maior potencial hidrelétrico, com 1.666 Mw do total das bacias hidrográficas do estado que chegam a 16.120 Mw. Estão presentes três das treze sub-bacias que pertencem a bacia do rio Machado, que são as sub-bacias do baixo rio Machado, com uma área de 5.495,3178 km<sup>2</sup>, a do médio rio Machado com uma área de 7.063,7683 km<sup>2</sup> e a do rio Machadinho com 5.514,3627 km<sup>2</sup> (RONDÔNIA, 2002b), como mostra a Figura 6.

O rio Machado, como rio principal, segue seu curso em direção geral sul-norte até latitude 8° 57' sul, onde há um desvio brusco para oeste, até seu desaguar no rio Madeira. O desvio do rio foi denominado por Cruz (1974) como cotovelo de captura, relacionado a interferência de reativação holocênicas de estruturas antigas e soerguimentos com reajuste da drenagem.

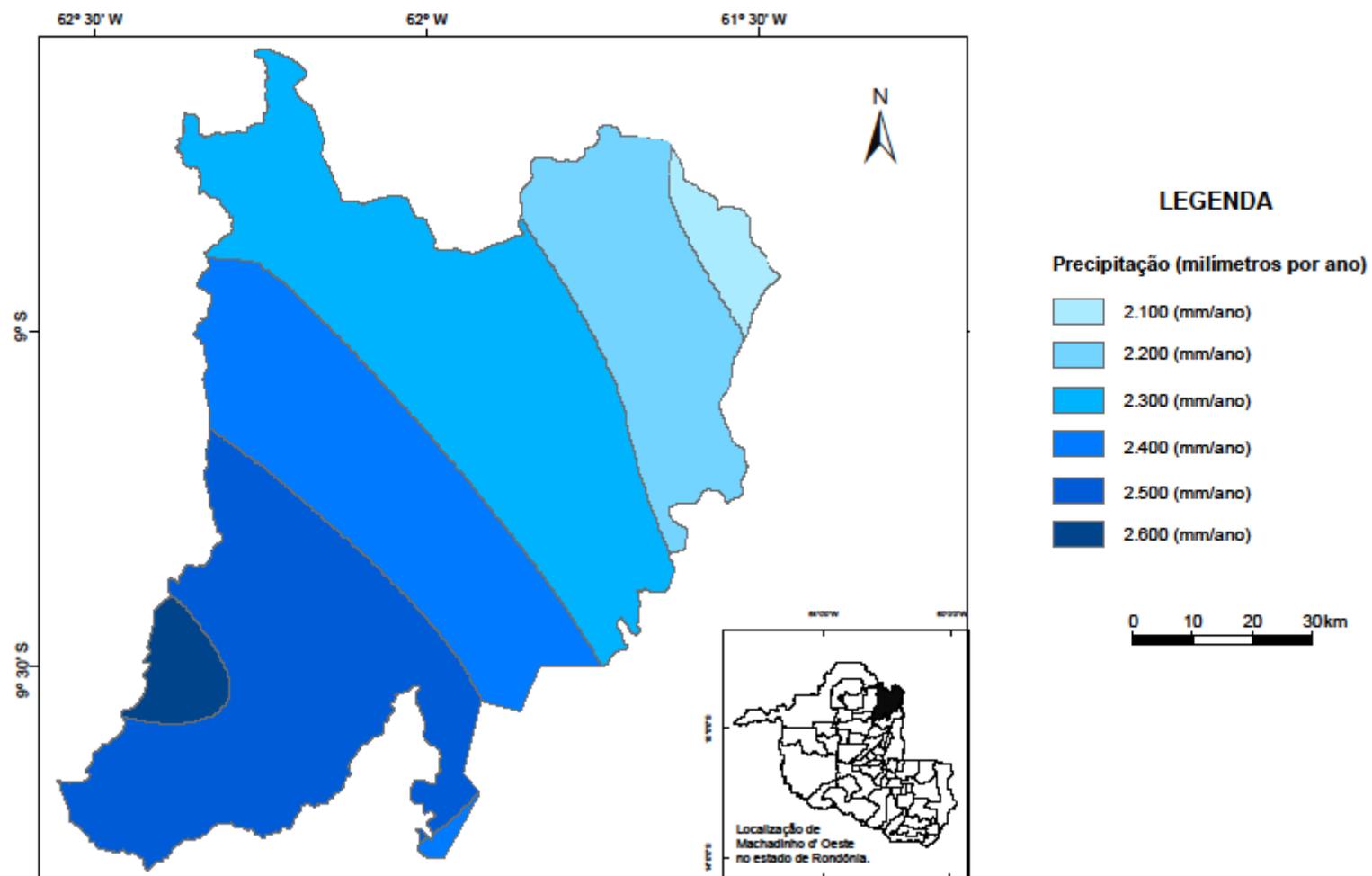


Figura 5. Mapa de distribuição da precipitação no município de Machadinho d'Oeste (Modificado de RONDÔNIA, 2002b).

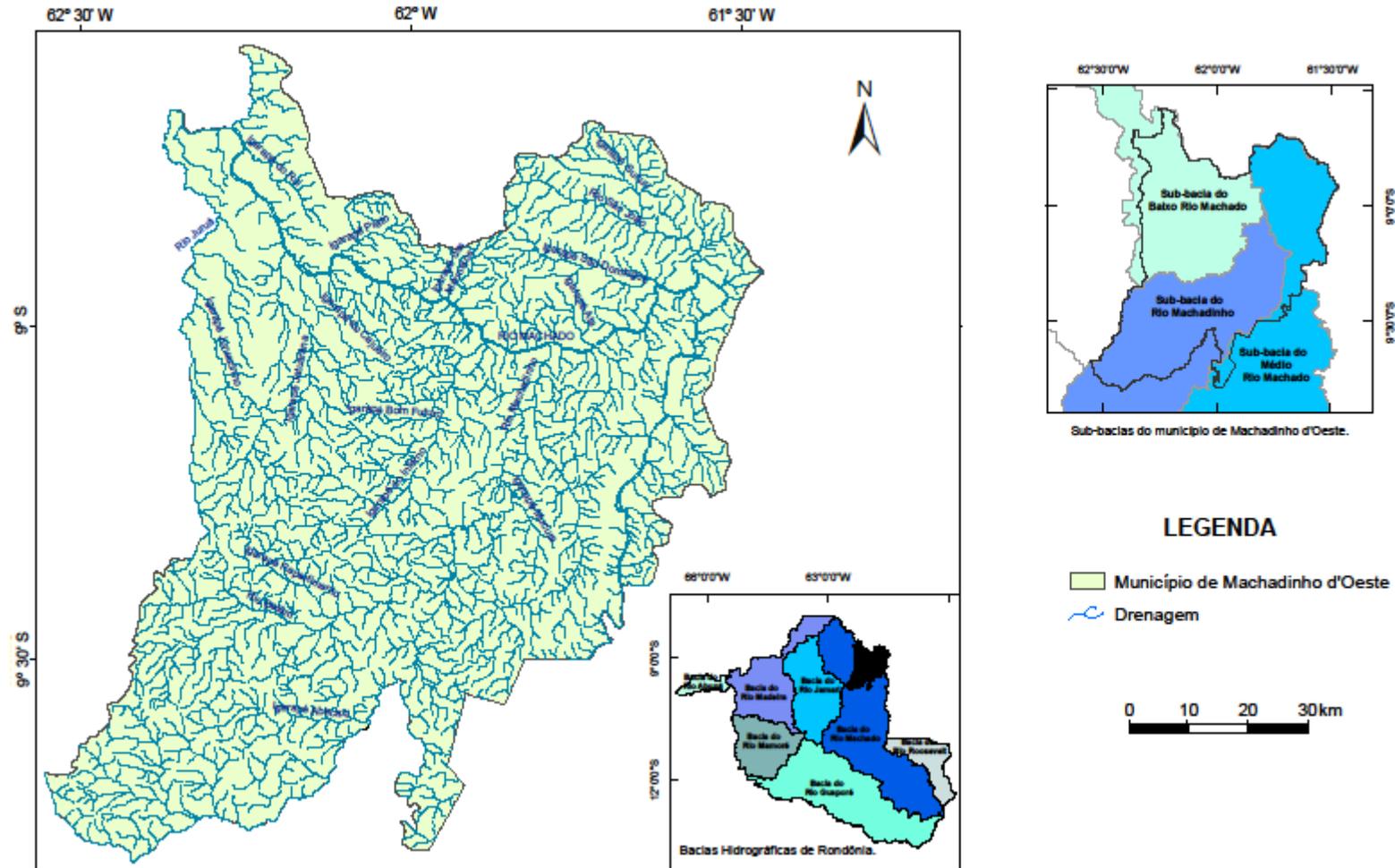


Figura 6. Mapa da rede de drenagem do município de Machado d'Oeste (Modificado de RONDÔNIA, 2002b).

### 3.3.3. Geologia

Em termos de evolução geológica, a região de Machadinho d'Oeste abrange unidades que remontam a história do tempo geológico desde o Paleoproterozóico até o Cenozóico (Figura 7).

#### • Paleoproterozóico-Mesoproterozóico (2,2 Ga – 1,75 Ga)

Os estágios iniciais paleoproterozóicos são marcados por processos de aglutinação de massas continentais com fechamento de oceanos e ambientes deposicionais conexos (SCANDOLARA, 2002). Rochas do embasamento regional podem constituir representantes plutônicos desses antigos processos precursores dos cinturões móveis mesoproterozóicos.

As coberturas metavulcanossedimentares mesoproterozóicas configuram supracrustais de natureza orogênica relacionada a um cinturão móvel de idade 1,85 – 1,55 Ga, envolvendo os blocos continentais Rio Negro e Juruena (TEIXEIRA et al., 1989). No município de Machadinho d'Oeste, este estágio de evolução geológica está representado pela Suíte Metamórfica Quatro Cachoeiras e pelo Complexo Jamari.

#### Mesoproterozóico – Neoproterozóico (1,5 Ga – 1,3 Ga)

O regime tectônico vigente foi do tipo distensivo, tendo gerado estruturas que controlam ascensão de corpos magmáticos tipos granitóides intrusivos de idades próximas a 1,4 Ga. Entre esses corpos tem-se a Suíte Intrusiva Serra Providência que aflora na região de Machadinho d'Oeste e também outros corpos como Santo Antônio, Teotônio e Alto Candeias.

O período entre 1,2 e 0,95 Ga relaciona-se a fase de colisão de segmentos litosféricos e agregação de extensas massas crustais, configurando o supercontinente Rodínia (HOFFMAN, 1991). No final desse período houve uma generalizada reativação distensiva regional, envolvendo a intrusão de corpos granitóides epizonais de características intraplacas que afloram na região de Machadinho d'Oeste, denominados de Suíte Intrusiva Rondônia (QUADROS & RIZZOTTO, 2007), descritos originalmente por Kloosterman (1968).

Na fragmentação neoproterozóica do supercontinente Rodínia incluem bacias sedimentos continentais representados pela Formação Palmeiral, que ocorrem no limite nordeste do município de Machadinho d'Oeste. São constituídos por arenitos e ortoconglomerados gerados por um sistema fluvial entrelaçado (SCANDOLARA, 2002).

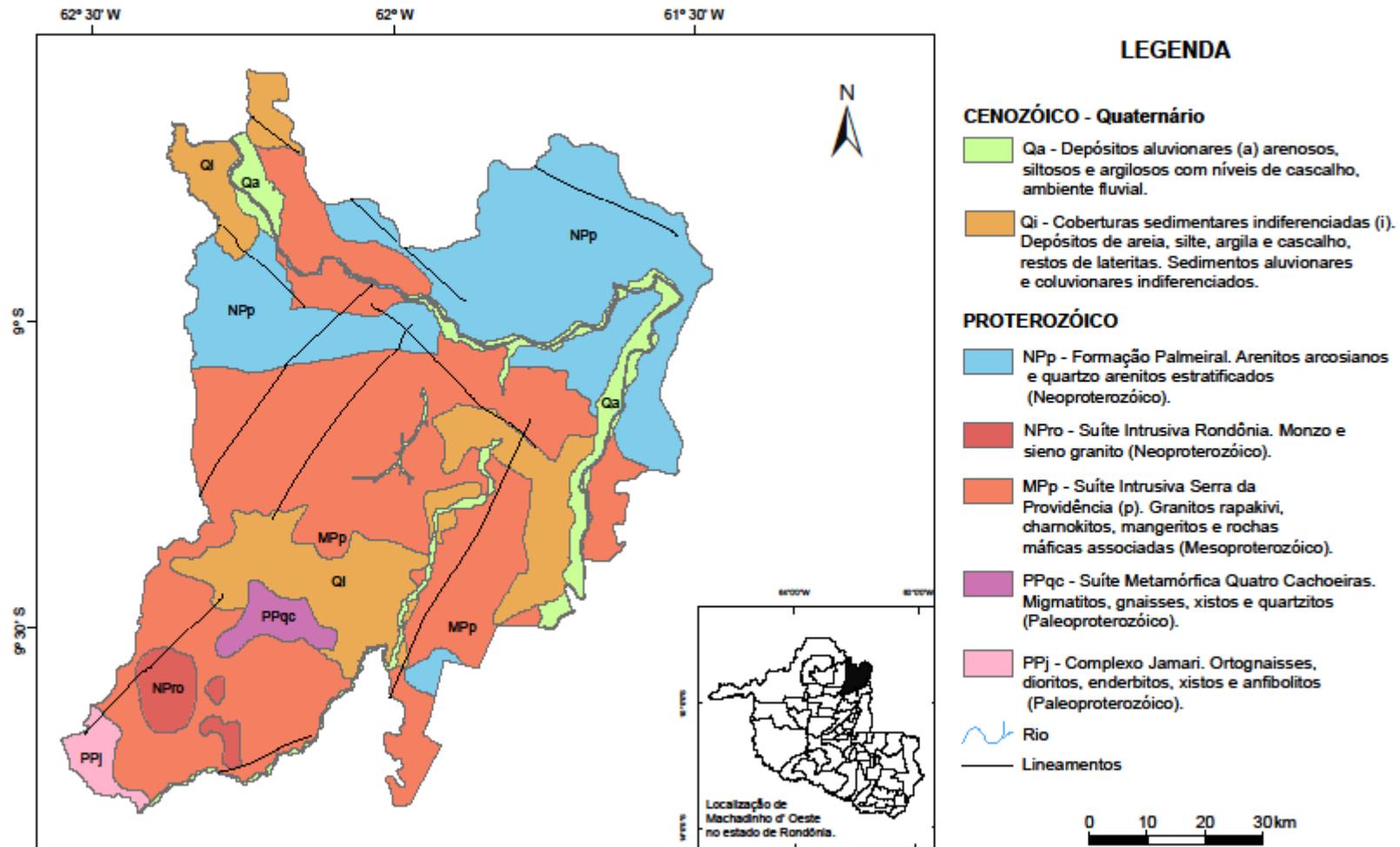


Figura 7. Mapa de geologia do município de Machadinho d'Oeste (Modificado de RONDÔNIA, 2002b e QUADROS & RIZZOTTO (2007)).

- **Quaternário (2 Ma – atualmente)**

- **Sedimentos Aluvionares:** coberturas presentes em quase todos os cursos de drenagens principais, como rio Machado, rio Machadinho e igarapé do Inferno. Ocorrem como sedimentos aluvionares e coluvionares depositados nos canais fluviais e planícies de inundação dos sistemas de drenagem atual. São representados por materiais detríticos, compostos por sedimentos arenosos, siltosos e argilosos com níveis de cascalho (QUADROS & RIZZOTTO, 2007).

- **Coberturas sedimentares indiferenciadas:** estão relacionadas aos depósitos sedimentares associados a ambientes de leques aluviais, canais fluviais, planícies de inundação lacustre, com restos de lateritas (QUADROS & RIZZOTTO, 2007).

### 3.3.4. Geomorfologia

O contexto geomorfológico regional do município de Machadinho d'Oeste (Figura 8), interpretado no âmbito do estado de Rondônia (RONDÔNIA, 2002b), revela características morfológicas relacionadas às categorias de agradação (unidades deposicionais ou agradacionais) e degradação (unidades denudacionais), como segue:

#### a) Unidades Agradacionais

São relacionadas a processos de acumulação de sedimentos e zonas de depressão relativas, estando ligadas a desgastes provocados por agentes exodinâmicos, são elas:

- **Planícies Aluviais e Depressões:** tratam-se de superfícies deposicionais geradas por acumulação fluvial geralmente sujeitas a inundações periódicas, correspondendo às várzeas atuais ou zonas embrejadas. A sedimentação predominante é arenosa a siltica arenosa com eventuais conglomerados. Seu processo de geração é sazonalmente alimentado nos períodos de cheias.

- **Planícies Fluviais:** trata-se de uma unidade de deposição associada às planícies fluviais das drenagens. Dado sua representatividade, os rios e suas planícies fluviais foram caracterizadas em subunidades relacionadas aos rios principais e aos rios secundários, sem que haja qualquer diferenciação entre os processos atuantes. O exemplo é o do subsistema do rio Machado.

- **Terraços Fluviais:** são constituídos pelas áreas localizadas ao longo das faixas fluviais, onde se localizam depósitos antigos.

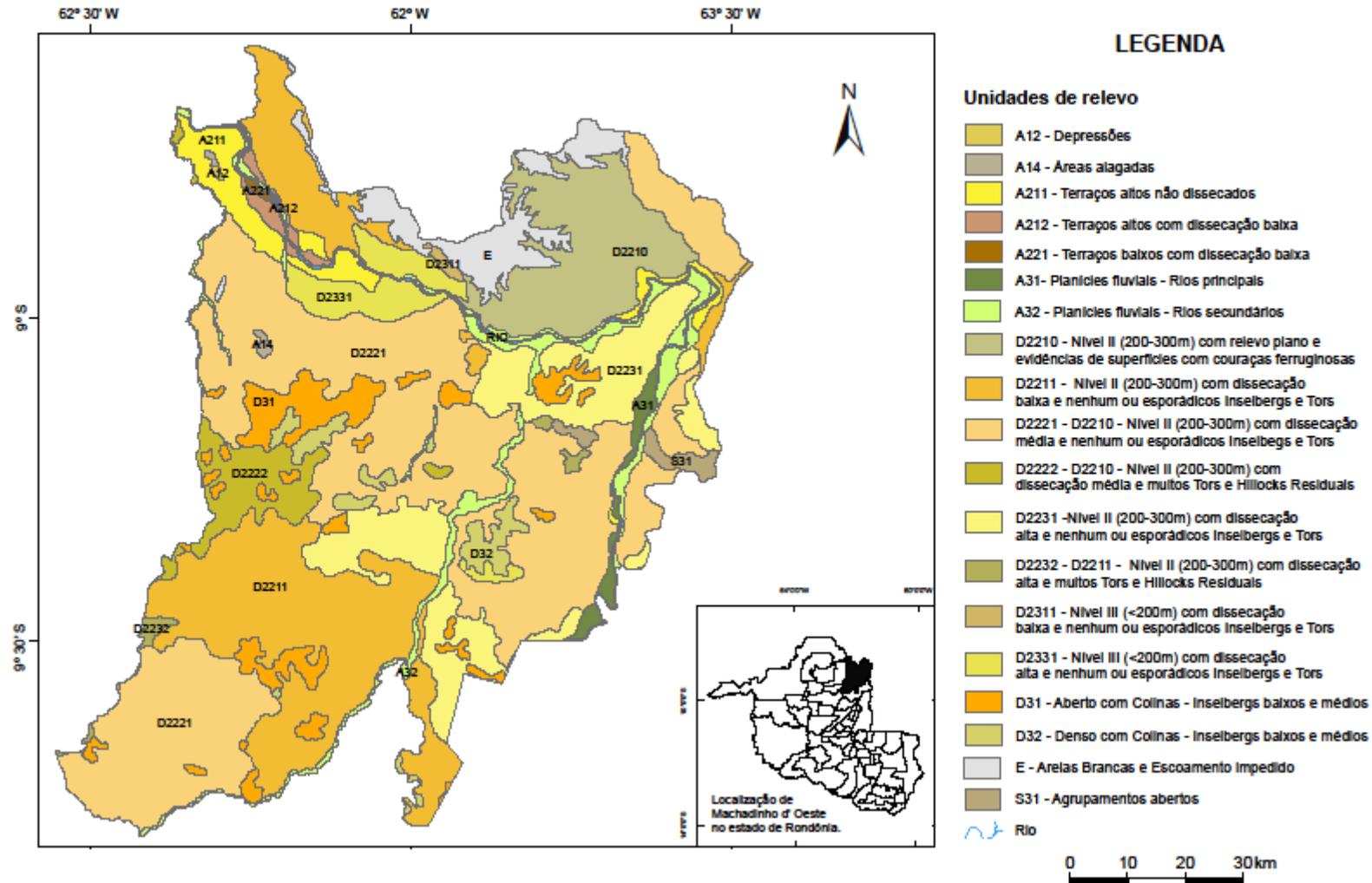


Figura 8. Mapa de geomorfologia do município de Machadinho d'Oeste (Modificado de RONDÔNIA, 2002b).

- **Unidades em Areias Brancas e Escoamento Impedido:** representada por extensas superfícies arenosas, refletindo uma coloração esbranquiçada e sendo um produto residual do intemperismo químico sobre formações mais antigas. Foram depressões inseridas em contexto de Superfícies de Aplanamento e por isso o escoamento das águas é dificultado.
- **Áreas Alagadas:** representam áreas continuamente alagadas e não consideradas como pântanos pela pequena produção de matéria orgânica.
- **Lagos:** em sua maioria, estão associados ao sistema de drenagem, ocorrendo ora em trechos interfluviais, ou então próximos à drenagem.

#### **b) Unidades Denudacionais**

Compreendem as formas de relevo elaboradas por processo de denudação que são responsáveis pelo seu rebaixamento progressivo. Na região as unidades denudacionais encontradas são as seguintes:

- **Níveis de Superfície de Aplanamento:** são arrasamentos generalizados remanescentes do relevo, gerados por processos erosivos. Tratam-se de superfícies arrasadas progressivamente por meio de lenta denudação, através de um processo de rebaixamento do nível de base.  
Nível II: as cotas atingidas por esta superfície distribuem-se no intervalo de 200-300m.  
Nível III: as cotas atingidas por esta superfície são inferiores a 200 m.
- **Agrupamentos de morros e colinas:** são feições geomorfológicas associadas a morros e colinas dispersas regionalmente. São relevos residuais, associados a diferentes rochas do embasamento cristalino, não possuindo controle estrutural nítido.

#### **3.3.5. Solos**

Em função da diversidade litológica e do relevo, os solos da área do município de Machadinho d'Oeste apresentam grandes variações em suas propriedades morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas (RONDÔNIA, 2002b). Estão presentes no município de Machadinho d'Oeste as classes latossolos, planossolos, cambissolos, regossolos, areias quartzosas e solos glei (Figura 9). As características dessas classes são descritas por Guerra & Cunha (2006), como segue.

**a) Latossolos:** classe constituída por solos minerais não hidromórficos de seqüência de Horizontes A, BW e C. São solos profundos e não raro o horizonte B latossólico ocorre com mais de 2 metros de espessura.

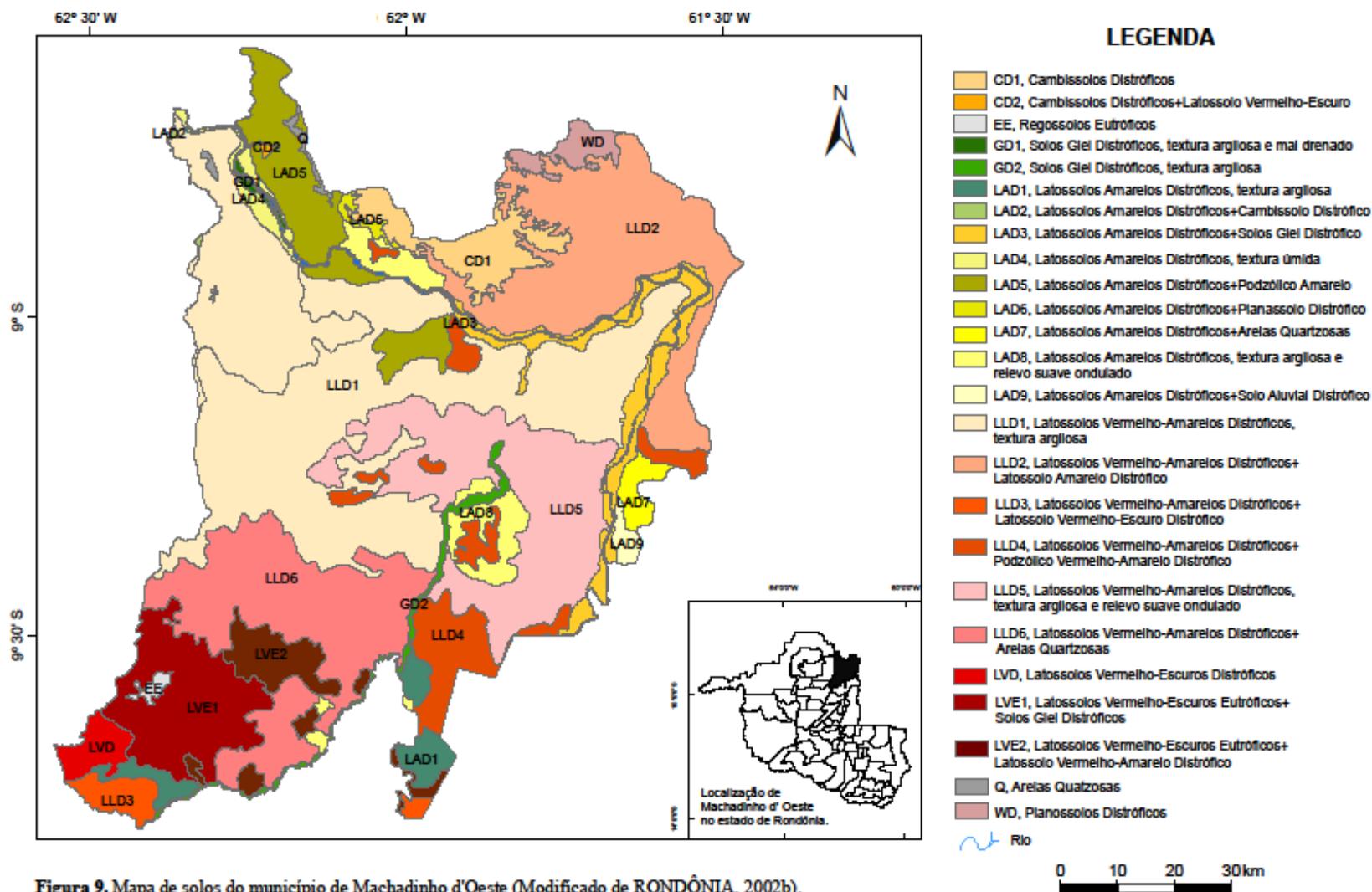


Figura 9. Mapa de solos do município de Machadinho d'Oeste (Modificado de RONDÔNIA, 2002b).

A diferença das propriedades químicas, físicas e mineralógicas é muito pouco perceptível ao longo do perfil. São solos de muito baixa fertilidade natural, fortemente ácidos e elevados teores de alumínio trocável. Desta classe, entre os tipos de solo que ocorrem na área estão:

- **Latossolos Amarelos (LA):** são solos com teores de sesquióxido de ferro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) até 7%. Apresentam consistência dura a muito dura quando estão secos e acumulação maior de argila natural, isto é, argila dispersa na água. Esta característica favorece o aumento da densidade aparente que se reflete numa porosidade total mais baixa e maior coesão dos elementos estruturais do que em outros latossolos. O horizonte A superficial é pouco espesso e de baixos teores de matéria orgânica e o horizonte B, principalmente os argilosos e muito argilosos, apresentam estrutura prismática fracamente desenvolvida que se desfaz em blocos subangulares.

- **Latossolos Vermelho-Amarelos (LL):** são solos com teores de sesquióxido de ferro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) entre 7% e 11%. Embora haja predomínio de goetita, entre os óxidos de ferro, os teores de hematita aumentam à medida em que os solos se tornam mais avermelhados.

- **Latossolos Vermelho-Escuros (LV):** são solos com teores de sesquióxido de ferro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) entre 11 e 18%. É comum nesses solos a ocorrência de estrutura ultra pequena granular fortemente desenvolvida. Embora sejam solos de fertilidade natural muito baixa, ocorrência de indivíduos com boas reservas de nutrientes é mais acentuada do que nos Latossolos Vermelho-Amarelos. Ocupam extensões de superfícies planas a suaves onduladas e estão relacionados, principalmente, às coberturas metassedimentares associadas às coberturas sedimentares inconsolidadas.

**b) Planossolos (W):** abrangem solos de drenagem deficiente com seqüência de horizontes, preferencialmente, do tipo A, E, Bt ou Btg (e C ou Cg e transição abrupta entre os horizontes E e B. Os horizontes A e E são, em geral, de textura arenosa e apresentam contraste nítido com o horizonte B de textura mais argilosa.

**c) Cambissolos (C):** compreendem solos pouco desenvolvidos e com horizonte B incipiente, onde o material subjacente ao horizonte A sofreu alterações em grau não muito avançado. Contudo, o suficiente para o desenvolvimento de cor e/ou estrutura, podendo apresentar, no máximo, menos da metade do volume do horizonte B incipiente, constituído por fragmentos de material originário ou não. Estes solos podem ocorrer em superfícies planas de sedimentos quaternários aluviais.

**d) Regossolos (E):** compreendem solos poucos profundos, com seqüência de horizontes A, C e R. São de textura arenosa e cascalhenta com abundante ocorrência de minerais facilmente intemperizáveis o horizonte A é fracamente desenvolvido com baixos teores de matéria orgânica. Ocorrem freqüentemente associados às paisagens de cambissolos e litossolos.

**e) Areias Quartzosas (Q):** formadas por solos profundos de constituição areno-quartzosa compreendendo apenas as classes texturais areia e areia franca, coloração amarelada e avermelhada, extremamente pobre de nutrientes e com horizonte A fracamente desenvolvido.

**f) Solos Glei (G):** compreendem solos hidromórficos. Apresenta horizonte A superficial de cor preta, teores de matéria orgânica elevados e espessura variando de 10 a 30 cm. A partir da base do horizonte A ou H, os horizontes e/ou camadas apresentam cores acinzentadas ou cinzentas, com mosqueados amarelados e avermelhados causados pelos processos de oxidação devido às oscilações do lençol freático.

### 3.3.6. Vegetação

A fertilidade dos solos não é um fator decisivo (pelo menos nas formações primárias) na caracterização dos tipos de vegetação existentes em Rondônia, quando comparada a fatores como o relevo, a drenagem e a constituição física do solo. Em Machadinho d'Oeste, a cobertura vegetal (Figura 10) é formada pela presença de Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Ombrófila Densa, Formações Pioneiras, Savana (cerrado) e áreas de tensão ecológica ou de contato (RONDÔNIA, 2002 a).

**a) Floresta Ombrófila Aberta (A):** vegetação que ocupa grandes extensões de terrenos de litologias variadas e modelados diversos (formas de acumulação e dissecadas) É caracterizada por um período seco pouco pronunciado, e temperaturas médias acima de 22°C. As copas são pouco contíguas e o estrato arbustivo é pouco denso.

As subformações deste tipo de vegetação que ocorrem na região são: as Florestas Ombrófilas Abertas submontana com palmeiras, Submontana com cipós, Aluvial com palmeiras e Terras Baixas com palmeiras.

Entre as subformações deste tipo de floresta, a que possui maior predominância na área é a Floresta Ombrófila Aberta Submontana com Palmeiras, caracterizada principalmente pela fácies floresta-de-cipós.

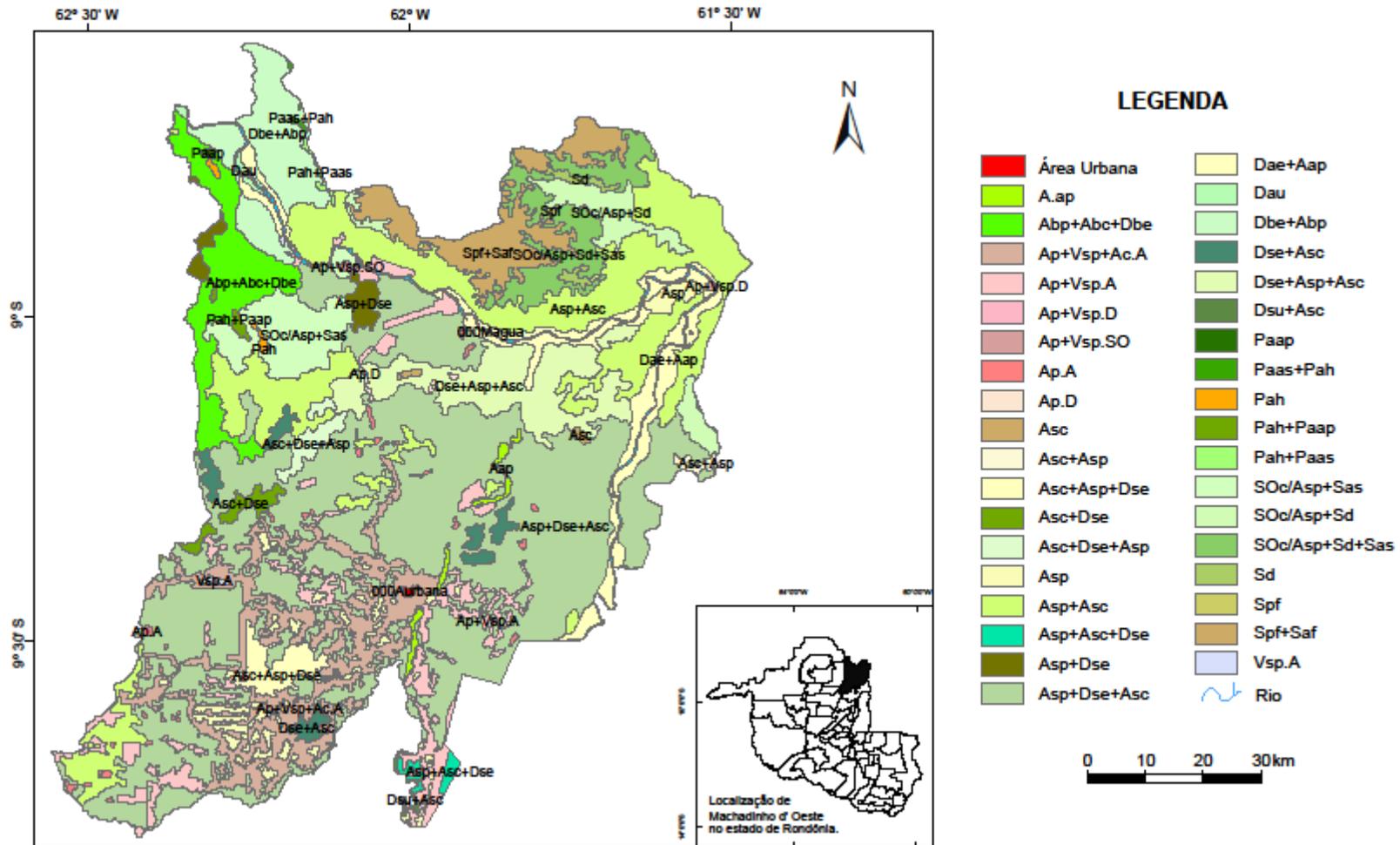
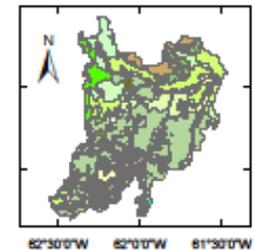
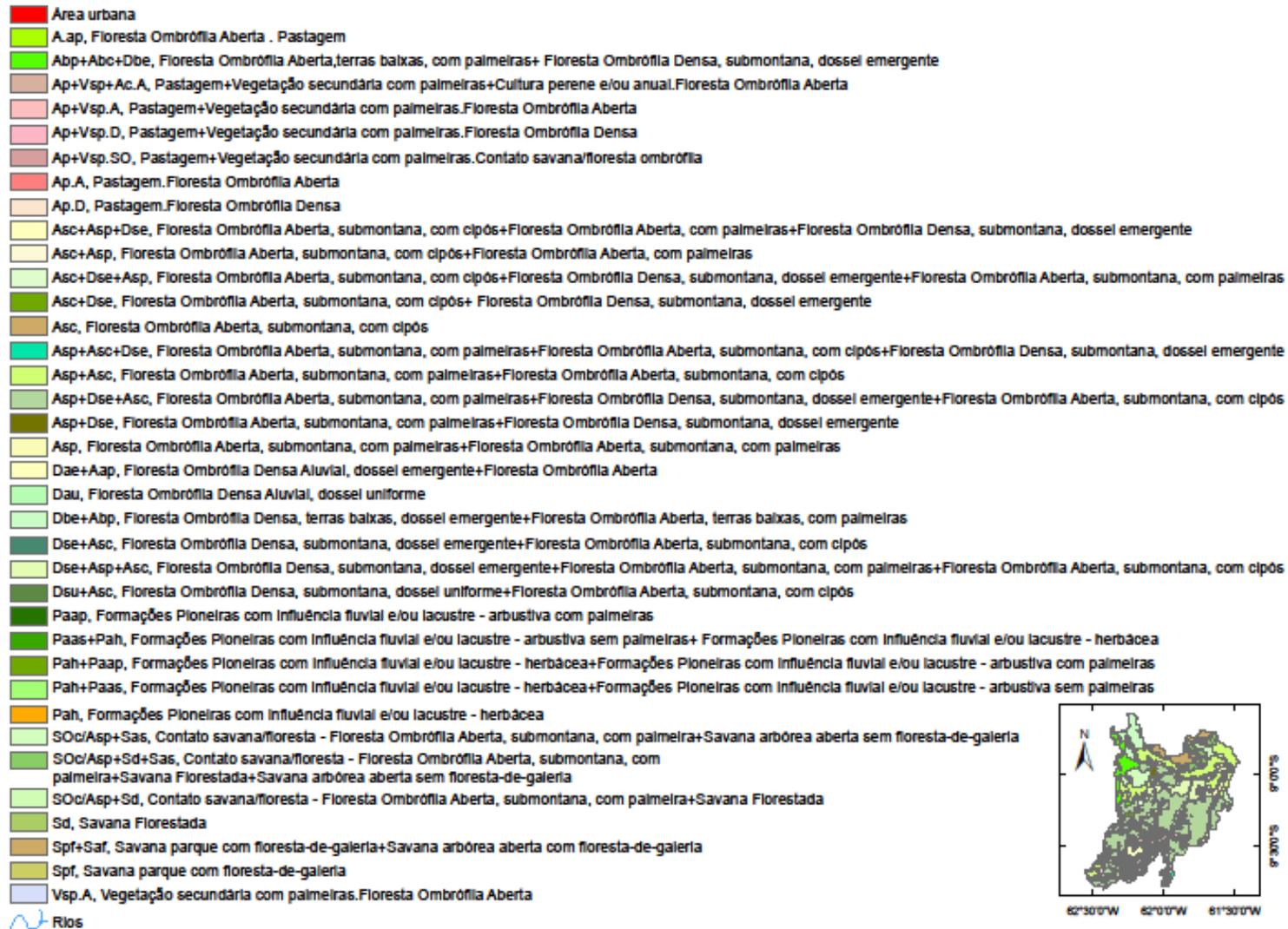


Figura 10. Mapa de vegetação do município de Machadinho d'Oeste (Modificado de RONDÔNIA, 2002b)

## LEGENDA

### Vegetação



**b) Floresta Ombrófila Densa (D):** vegetação multiestrata. O primeiro estrato é de árvores emergentes (Macrofanerófitas) que sobressaem por cima da floresta, estando em exposição completa; o segundo constituído por árvores quase todas da mesma altura (mesofanerófitas), é o dossel propriamente dito, o que se considera como cobertura uniforme; o terceiro, já da submata, dominado, é formado por plantas da regeneração natural, e o quarto, por baixo do anterior, é formado por arbustos, subarbustos e ervas mais altas, formando andares arbustivos herbáceos. No nível do solo, medram apenas vegetais ciófilos menores como pteridófitas, fungos variados e fanerógamas.

As subformações deste tipo de floresta que ocorrem na área são: as Florestas Ombrófilas Densas Aluvial dossel emergente, Aluvial dossel uniforme, Terras Baixas dossel emergente e Submontana dossel uniforme.

**c) Formações Pioneiras (P):** vegetação instalada nos solos cujo modelado é de acumulação, seja por influência marinha, seja fluvio-marinha ou puramente fluvial (várzea atuais, terraços) ou ainda fluvio-lacustres. Essa possui sempre plantas adaptadas (que vão das herbáceas até arbóreas), as condições ecológicas desses ambientes, sempre sujeitos à influência de inundações.

Em Machadinho d'Oeste este tipo de vegetação é representado por três subformações: Formações Pioneiras com influência fluvial e/ ou lacustre – arbustiva com palmeiras; com influência fluvial e lacustre – arbustiva sem palmeira e com influência fluvial e/ ou lacustre – herbácea.

**d) Savana (Cerrado) (S):** vegetação que aparece em cobertura arenítica do Pará, Amazonas e Rondônia. Essas áreas mantêm uma identidade paleoclimática através das suas formas de vida e, embora “ilhadas” pela floresta amazônica, apresentam certa uniformidade florística, caracterizada por uma cobertura herbácea mais ou menos densa, mais bem representada pelas gramíneas.

Entre as subformações de Savana que estão presentes na área de Machadinho estão as Savana Florestada e Savana Parque com floresta-de-galeria, vegetação de maior representação na área. Possuem como característica principal revestir extensas áreas de relevo aplainado. Sua homogeneidade só é interrompida por encaves florestais que, por vez ou outra, se alternam em meio ao conjunto e pelas florestas-de-galeria que acompanham as margens dos rios menores.

**e) Contato (áreas de tensão ecológica) (SO):** ocorre quando dois ou mais tipos de vegetação existentes na área se contatam, justapondo-se ou interpenetrando-se. No primeiro caso cada

mosaico guarda a identidade fisionômica sem se misturar, no caso dos ecótono, a diferença fisionômica passa a ser visível. Frequentemente nessas áreas ocorrem endemismos, que as melhor identificam.

## **4. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **4.1. EROSÃO**

#### **4.1.1. Definição e tipos de erosão**

A erosão pode ser provocada por interferências em um ou mais de seus fatores quer (1) naturais (erosão natural ou geológica), representando o meio físico por meio do clima, substrato rochoso, relevo, solo vegetação, quer (2) antrópicas (erosão acelerada), referenciando formas de uso e ocupação do solo. Tratam-se de processos resultantes da dinâmica de um determinado sistema ambiental que está em desequilíbrio, não sendo eficiente o suficiente para dissociar sua própria energia disponível. Então ocorre adaptação no sistema atingindo um novo estado de equilíbrio, em consequência podem gerar feições erosivas (BACK, 1997).

No caso da erosão natural ou geológica, como parte essencial na evolução das paisagens naturais, está associada a processos de intemperismo responsáveis pela formação dos solos em tempo geológico e produziu diversos tipos de topografia atuais. Sob condições de erosão natural, a formação de solo e a erosão desenvolveram através dos tempos os solos hoje existentes. A cobertura vegetal é de vital importância para a manutenção do estado de equilíbrio e qualquer alteração que nela se produza tende a conduzir à erosão acelerada. A erosão natural ou geológica que se manifesta como uma ocorrência normal dos processos de modificação da superfície terrestre é reconhecível somente com o decorrer de longos períodos de atividade (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2005).

Quando o processo erosivo é mais veloz que a formação do solo, havendo uma ruptura no equilíbrio natural do meio, ocorre a erosão acelerada ou antrópica, caso tenha sido provocada pela ação humana. A erosão natural ou geológica cede lugar à erosão acelerada como resposta do meio em busca de novas condições de estabilidade em função da substituição da vegetação natural por outro tipo de cobertura vegetal, o qual não proporciona proteção eficiente contra a erosão, dificultando o estabelecimento do processo pedogenético que recomporia a camada erodida (GUERRA & CUNHA, 2006).

#### **4.1.2. Processos Erosivos**

Os processos erosivos começam quando forças dirigentes dos agentes de erosão, como gotas de chuva, causam a desagregação do solo e seu transporte (erosividade). A capacidade

da chuva de causar erosão do solo é atribuída à proporção e distribuição dos pingos d'água, segundo a carga de energia da chuva.

A chuva como representante do agente erosivo água, é responsável por desencadear o mecanismo que representa uma das principais fases do ciclo hidrológico, o escoamento superficial, este que ocorre quando a capacidade de armazenamento de água no solo é saturada durante um evento chuvoso, e proporciona a ocorrência e o transporte de água na superfície terrestre (VIEIRA, 1973; GUERRA, 2005). Essa parcela de água de precipitação que escoar é a grande responsável pelas alterações morfogenéticas de caráter erosivo.

Ao movimentar-se pela encosta, a água o faz a partir de três tipos de escoamento: em filetes (1), através de uma rede de pequenos canais temporários, típico em declives fracos; laminar (2), onde após o aumento da chuva a rede de pequenos canais não comporta o volume de água e transborda gerando uma lamina de água que pode chegar a 10 cm; e concentrado (3), quando ocorre um aumento progressivo do volume de água, o escoamento laminar passa a ser concentrado, nessa situação, registra-se uma hierarquização e turbilhamento do escoamento, com considerável carga sólida o que redundar em um intenso poder erosivo.

Nos trechos finais o fluxo concentrado encaixa-se as depressões naturais do terreno, como as estradas e trilhas de gado, carregando materiais como carga sólida e formando sulcos, ravinas e voçorocas (RODRIGUES, 1982; OLIVEIRA, 2005).

As variações que ocorrem nas taxas de erosão em diversos locais, muitas vezes próximos são determinadas pelos fatores controladores (clima, geologia, relevo, solos, cobertura vegetal e uso do solo). A interação e combinação desses fatores determinam se certas áreas erodem mais do que outras. A intervenção do homem pode alterar esses fatores e conseqüentemente, apressar ou retardar os processos erosivos. Dessa forma, se devem levar em consideração, múltiplas variáveis para compreender o processo (GUERRA & CUNHA, 2006).

### **4.1.3. Formas Erosivas**

#### **a) Erosão Laminar**

A erosão laminar atua na remoção de camadas delgadas de solo através do escoamento superficial que se distribui pelas encostas de forma dispersa. Essa forma de escoamento ocorre, quase sempre, sob condições de chuva prolongada, quando a capacidade de armazenamento de água no solo e nas suas depressões e irregularidades saturam, cada pequena porção de água toma o caminho de menor resistência, concentrado em pequenas

depressões e ganhando velocidade à medida que a lâmina de água e a declividade do terreno aumentam, e a chuva erode sem causar ravinamento ou voçorocas (GUERRA, 2005; ARAÚJO et al., 2007).

A erosão laminar é um mecanismo de escape importante da encosta e fonte de sedimentos para áreas situadas a jusante. A quantidade de material transportado depende da capacidade de transporte da enxurrada que é influenciada pelo tamanho, densidade e forma das partículas do solo, e pelo efeito de retardamento da vegetação e de outras obstruções (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2005).

O ressecamento é outra forma de erosão laminar. Ocorre quando camadas superficiais de solos com textura grossa secam e perdem sua coesão aparente (ARAÚJO et al., 2007). A erosão laminar arrasta primeiro as partículas mais leves do solo. Por sua ação, os solos adquirem coloração mais clara, e considerando que a parte mais ativa do solo de maior valor, é a integrada pelas menores partículas, pode-se julgar os seus efeitos sobre a fertilidade do solo, a diminuição progressiva da produtividade.

#### **b) Sulcos e ravinas**

Através de pequenas irregularidades na declividade do terreno, a enxurrada concentra-se em alguns pontos do terreno, ao atingir volume e velocidade suficientes, começa a formar riscos mais ou menos profundos, dando início a erosão em sulcos (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2005). No caso da erosão por ravinamento, esta ocorre a partir da remoção de solo pela água por canais visíveis ou canaletas muito pequenas, mas bem definida, onde há concentração do fluxo sobre o solo (ARAÚJO et al., 2007).

As ravinas são muitas vezes características efêmeras nas encostas e quase sempre são iniciadas a uma distância crítica do topo da encosta onde o escoamento superficial torna-se canalizado. Elas podem ser formadas próximas a base das encostas, onde uma pequena incisão recua em direção ao topo da encosta (GUERRA, 2005), mas são as condições locais onde o processo se estabelece é que determinam onde as ravinas se iniciam (DE PLOEY, 1983).

Os sulcos e as ravinas formados na superfície de encosta com vegetação relativamente degradada, ou no interior de voçorocas, indicam as rotas de organização do escoamento superficial concentrado (OLIVEIRA, 2005). Na formação das ravinas, as condições físico-químicas dos solos são de grande importância. Nos solos mais argilosos, há uma maior dificuldade de se formarem ravinas, enquanto nos solos mais arenosos elas se formam com mais facilidade. Os tipos de práticas de cultivo também influenciam no grau de dificuldade na

implantação desses processos erosivos. Resultados obtidos por Robinson & Naghizadeh (1992) apontaram diferenças de até dez vezes superiores em termos de erosão, em relação aos campos cultivados com métodos tradicionais, enquanto que nos campos plantados com sistemas de cultivos mais modernos, praticamente não houve erosão.

Desta maneira, o desmatamento e o uso agrícola do solo podem acelerar os processos de formação de sulcos e ravinas. Esses processos se agravam mais onde ocorrem chuvas concentradas em períodos em que os solos estão desprotegidos de cobertura vegetal e em locais com características de alta produção de escoamento superficial e camada superficial do solo solta (ARAÚJO et al., 2007; GUERRA, 2005).

Uma vez estabelecidas em uma encosta, as ravinas tendem a evoluir através de bifurcações que configuram pontos de rupturas. As gotas de chuvas aumentam ainda mais a capacidade de transporte de um fluxo de água dentro das ravinas através da remoção de sedimentos, nas porções situadas entre as próprias ravinas, assim as ravinas podem evoluir e se conectar com processos erosivos de maiores proporções, que são as voçorocas (GUERRA, 2005).

### **c) Voçoroca**

O termo boçoroca deriva do tupi-guarani IBI-ÇOROC e corresponde a terra rasgada ou rasgão no solo. Dependendo da região onde ocorre, atribuem-se outros nomes para o mesmo processo erosivo, tais como: vossoroca, buracão, grota, grotão, desbarrancado, botoroca, soroca, cavão, barroca (Portugal), lavaka (República Malgaxe) e gully erosion (países da língua inglesa) (RODRIGUES, 1982).

As voçorocas são procedentes das ravinas conforme mencionam Guerra (2005), Rodrigues (1982) e Araújo et al. (2007). A origem dessa forma de erosão é ocasionada por grandes concentrações de enxurrada que passam no mesmo sulco, que se amplia pelo deslocamento de grandes massas de solo, formando grandes cavidades em extensão e em profundidade. Esse tipo de erosão surge em qualquer terreno, mas geralmente se instala em terrenos de baixa a média declividade, razão pela qual são avistadas somente quando se chega próximo aos seus taludes. Desenvolvem-se tanto em sedimentos como em solos de taludes naturais e artificiais, porém preferencialmente nos sedimentos silto-arenosos recentes, face à relativa facilidade com que são erodidos (RODRIGUES, 1982).

Dentre as principais características que compõe as voçorocas estão a sua relativa permanência em encostas. Suas características físicas associam-se a presença de paredes laterais íngremes e, em geral, fundo chato, ocorrendo fluxo de água no seu interior durante os

eventos chuvosos, que ao aprofundarem algumas vezes atingem o lençol freático (GUERRA & CUNHA, 2005).

Segundo Bertoni & Lombardi (2005) as formas de voçorocas variam em função do material que constitui o solo, pois, em sendo os diferentes horizontes do solo de consistência uniforme, as paredes da voçoroca serão relativamente verticais e, se o material for muito friável, estará sujeito a freqüentes desmoronamentos. Por outro lado, quando o material do subsolo ou de horizontes mais profundos for mais resistente que o horizonte superficial, as voçorocas tendem a apresentar paredes em forma de “V”.

Em relação à drenagem, as voçorocas podem ser dos tipos desconectadas e conectadas da drenagem. As desconectadas podem ser condicionadas pelas propriedades físicas dos depósitos sedimentares/solos, por características lito-estruturais do substrato geológico e por aspectos topográficos e morfométricos das encostas e cabeceiras de drenagem, além da intervenção direta ou indireta das atividades humanas (SALGADO et al., 1995). Por outro lado, as conectadas a rede de drenagem, desenvolvem-se nos fundo de vale e reentrâncias das cabeceiras de drenagens preenchidos por depósitos aluvio-colúviais relacionados ao evento holocênico de entulhamento generalizado da paisagem, podendo seu desencadeamento ser condicionado por discontinuidades texturais dos depósitos sedimentares (PEIXOTO et al., 1989).

Em geral o índice anual de avanço de uma voçoroca é variável, sendo mais rápido em alguns estágios de seu ciclo de desenvolvimento que em outros. As observações indicam que a velocidade de avanço decresce progressivamente nos estágios finais de desenvolvimento. Os fatores condicionantes, tais como as características dos materiais geológicos, topografia, uso do solo e volume de enxurrada são os que alteram a intensidade de desenvolvimento da voçoroca. Uma mudança de um ou mais desses fatores na cabeceira da voçoroca pode alterar seu índice de avanço (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2005).

As voçorocas podem ser bastante destrutivas em termos de danos a rodovias, aterros e pastagens. São difíceis de serem controladas e retidas. O desgaste contínuo da base da voçoroca leva ao seu aprofundamento e alargamento, enquanto o desgaste das cabeceiras prolonga o canal para áreas ainda não atingidas pela voçoroca (ARAÚJO et al., 2007).

#### **4.1.4. Problemas relacionados à erosão em estradas**

A instalação de estradas resulta em mudanças na paisagem que elas atravessam e freqüentemente é o maior trauma ambiental para os ecossistemas adjacentes, devido ao

movimento de material inconsolidado e outras atividades que podem causar distúrbios em uma sub-bacia (FORMAN & ALEXANDER, 1998).

A construção inapropriada e a manutenção inadequada das estradas são as principais origens de erosão e sedimentos provocados pelo homem, representando um grande impacto aos recursos naturais e, conseqüentemente, sérias perdas econômicas (FAO, 1989). O corte da camada superficial da estrada para regularizar as imperfeições pode gerar um material o qual é comumente depositado nas laterais, o que os torna fontes potenciais de sedimentos (GONÇALVES, 2002).

De maneira geral, independente de sua classificação, as estradas freqüentemente interferem nos padrões naturais de drenagem e fluxo da água, e tendem a promover a concentração das águas de vários modos, pois sua superfície compactada dificulta a infiltração, levando a um aumento nas taxas do escoamento superficial (BAESSO & GONÇALVES, 2003).

De maneira mais específica, a contribuição com o processo erosivo é em função da densidade de estradas em uma sub-bacia, sua localização em relação à declividade, rios e solos, bem como seu padrão de construção (FAO, 1989). O comprimento da rampa e o declive também são fatores importantes que influenciam diretamente a intensidade dos processos erosivos (GUCINSKI et al., 2001; FAO, 1989). Garcia et al. (2003) realizaram um experimento para determinar o volume da enxurrada e a perda do solo em estradas florestais em condições naturais de chuva. Concluíram que o volume de enxurrada era mais afetado pelo comprimento do segmento enquanto que a produção de sedimentos era mais influenciada pela declividade da rampa.

A imprecisão dos projetos de drenagem, principalmente por não levarem em conta a natureza dos terrenos quanto a suscetibilidade à erosão, o desinteresse pelos investimentos em obras complementares ao projeto da estrada propriamente dito e a falta de manutenção são as principais causas da grande incidência de ravinas e voçorocas encontradas nas áreas rurais. Essas feições erosivas são observadas tanto ao longo da plataforma, nos cortes e aterros, como fora dela, em caixas de empréstimos, áreas de jazidas exploradas, junto aos pés de aterros e a jusante das obras de transposição (bueiros, pontilhões e pontes). Comumente observam-se ravinas e voçorocas associadas às estradas, atingindo propriedades rurais adjacentes à estrada, causando riscos a agricultura, obras civis e perda de valores estéticos e paisagísticos (RODRIGUES, 1982; GONÇALVES, 2002).

O aumento do escoamento superficial e da erosão não resulta diretamente das atividades florestais em si, como por exemplo, o corte e o desbaste, mas sim os processos de

ocorrência localizada sendo originados principalmente nas estradas, nos carreadores e em áreas compactadas. Assim, o planejamento adequado dessas atividades torna-se necessário para alcançar um controle mais efetivo da erosão (FONTANA, 2007).

Segundo FAO (1989) a manutenção é freqüentemente negligenciada ou é realizada imprópriamente, resultando em rápida deterioração da estrada. Reconhece-se que para a manutenção de estradas é essencial preservar sua condição original de construção, proteger recursos adjacentes e preservá-los e proporcionar eficiência durante todo o percurso, por isso é necessário um comprometimento em adotar as técnicas adequadas de construção já conhecidas e por conseguintes técnicas de manutenção.

#### 4.2. A UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO

Na segunda metade do século XX a tecnologia de informática possibilitou o armazenamento e representação de informações em ambiente computacional, com análises combinando diversos mapas e dados, abrindo, desta forma, espaço para o advento do Geoprocessamento (CÂMARA et al., 2004).

O geoprocessamento utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica e que vem influenciando de maneira crescente as áreas de cartografia, análise de recursos naturais, transportes, comunicações, energia e planejamento urbano e regional (CÂMARA et al., 2004).

As ferramentas computacionais para geoprocessamento, denominadas de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados. Tornam ainda possível automatizar a produção de documentos cartográficos (CÂMARA et al., 2004).

Para que as informações do mundo real sejam representadas em um Sistema de Informação Geográfica o espaço geográfico é modelado segundo visões complementares relacionadas a **geo-campo** e **geo-objeto**.

O Modelo de **geo-campo** representa a distribuição espacial de uma variável que possui valores em todos os pontos pertencentes a uma região geográfica, num dado momento  $t$ . O modelo de campos enxerga o espaço geográfico como uma superfície contínua, sobre a qual variam fenômenos a serem observados segundo diferentes distribuições.

O Modelo de **geo-objeto** trata o geo-objeto como um elemento único que possui atributos não-espaciais e está associado a múltiplas localizações geográficas. A localização

pretende ser exata e o objeto é distinguível de seu entorno. O modelo de objetos representa o espaço geográfico como uma coleção de entidades distintas e identificáveis.

Ainda podem ser consideradas as informações não espaciais, os chamados objetos não-espaciais que englobam qualquer tipo de informação que não seja georreferenciada e que se queira agregar a um SIG. Os dados a serem trabalhados em geoprocessamento podem ser temáticos, cadastrais e numéricos de terreno, como segue:

**Dados temáticos:** descrevem a distribuição espacial de uma grandeza geográfica, expressa de forma qualitativa. Desta maneira os mapas temáticos gerados mostram uma região geográfica em polígonos segundo valores relativos a um tema qualquer.

**Dados Cadastrais:** distingue-se do temático, pois cada um de seus elementos é um objeto geográfico, que possui atributos e pode estar associado a várias representações gráficas. Desta maneira os mapas cadastrais gerados apresentam objetos identificáveis, utilizando uma representação topológica (CÂMARA et al., 1996).

**Modelos Numéricos de Terreno:** é utilizado para denotar a representação quantitativa de uma grandeza que varia continuamente no espaço, cada ponto geográfico é associado a um valor numérico.

Os dados estão associados a algum tipo de representação. Quando a representação de um elemento ou objeto é uma tentativa de reproduzi-lo o mais exatamente possível sua representação é **vetorial**, desta maneira qualquer entidade ou elemento gráfico de um mapa é reduzido a três formas básicas; pontos, linhas, áreas ou polígonos. A representação **matricial** consiste no uso de uma malha quadricular regular sobre a qual se constrói, célula a célula, o elemento que está sendo representado (CÂMARA et al., 2004).

#### 4.2.1. Sistema de Informação Geográfica (SIG)

O Sistema de Informação Geográfica (SIG) realiza o tratamento computacional de dados geográficos georreferenciados e recupera informações não apenas com base em suas características alfanuméricas, mas também através de sua localização espacial. Proporciona a disponibilização em um ambiente de trabalho de informações interrelacionadas e com localização geográfica. A partir das informações existentes podem ser criadas novas informações sobre a análise espacial de dados geográficos (RUHOFF, 2004).

As principais características dos Sistemas de Informação Geográficas são: inserir e integrar, numa única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados censitários e cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos

numéricos de terreno; e oferecer mecanismos para combinar as várias informações, através de algoritmos de manipulação e análises bem como para consultar, recuperar, visualizar e plotar o conteúdo da base de dados georreferenciados.

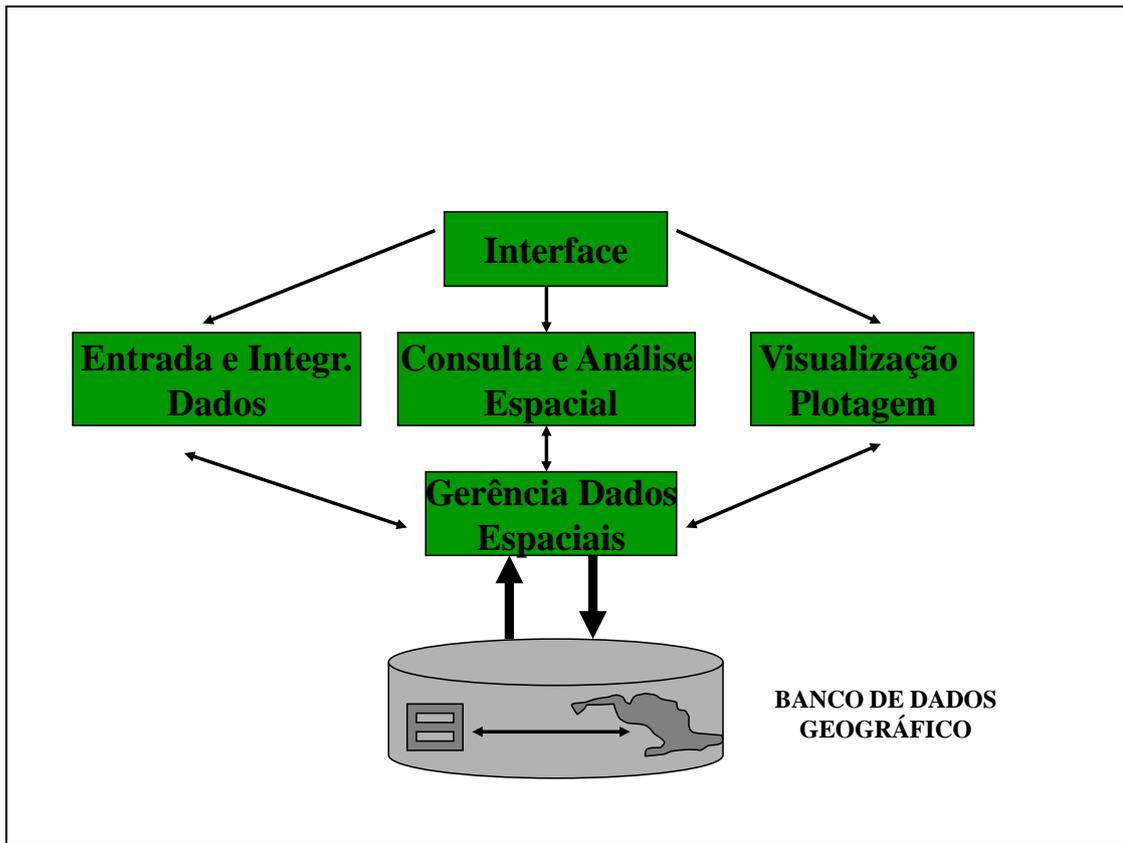
Numa visão abrangente, pode-se indicar que a estrutura de um SIG possui os seguintes componentes: a) Interface com usuário; b) Entrada e integração de dados; c) Funções de consulta e análise espacial; d) Visualização e plotagem; e) Armazenamento e recuperação de dados, organizados sob a forma de um banco de dados geográficos (CÂMARA et al., 2004). Cada sistema, em função de seus objetivos e necessidades, implementa esses componentes de formas distintas, mas todos estão presentes em um SIG conforme a Figura 11.

As organizações de um ambiente de trabalho num SIG estão baseadas de duas maneiras. A primeira organização é baseada num banco de dados geográficos, onde o usuário define inicialmente o esquema conceitual associado às entidades do banco de dados geográficos, indicando para cada tipo de dados seus atributos não-espaciais e as representações geométricas associadas. Procede-se da mesma forma que num banco de dados tradicional, onde a definição da estrutura do banco precede a entrada dos dados. O SPRING/INPE é um exemplo de sistemas organizados como banco de dados geográficos. A segunda organização é baseada em projeto, onde o usuário define inicialmente um referencial geográfico que delimita uma região de trabalho e, a seguir, define as entidades geográficas que compõe o projeto.

Um projeto é usualmente composto por um conjunto de níveis, camadas ou planos de informações (PIs), que variam em número, tipos de formatos e de temas, conforme as necessidades de cada tarefa ou estudo. Os PIs (Planos de Informações) de um projeto podem pertencer a diferentes classes de dados relacionadas com os formatos de representação de dados disponíveis no SIG utilizado.

Esta organização da informação espacial é muito conveniente para permitir que diferentes variáveis sejam integradas ao banco de dados e que diferentes tipos de estudo possam ser realizados, combinando tão somente os fenômenos de interesse.

Por serem diversas as possibilidades de análise e integração de dados espaciais disponível em um SIG, este foi utilizado para manipular as informações das unidades de paisagem que subsidiaram a elaboração do mapa de vulnerabilidade natural à erosão, onde se empregou o programa LEGAL (Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico). A linguagem LEGAL proposta por Câmara (1995) tem como objetivo prover um ambiente geral para análise geográfica, incluindo operações de manipulação (álgebra de campos), consulta espacial e apresentação de resultados de consulta e manipulação em um único software.



**Figura 11.** Estrutura geral de Sistemas de Informação Geográfica. Fonte: Câmara et al. (2004).

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Com a aplicação dos métodos propostos obteve-se dados geoprocessados relacionados a vulnerabilidade natural à erosão (item 5.1), dados de campo e laboratório (item 5.2) e dados relacionados a erosão induzida acelerada (item 5.3).

### **5.1. VULNERABILIDADE NATURAL À EROSÃO**

Para a avaliação de interferências de fatores naturais erosivos na denominada erosão natural ou geológica (BACK, 1997; BERTONI & LOMBARDI NETO, 2005), são previstas estimativas de estabilidades e instabilidades naturais à erosão como parte essencial na evolução de paisagens naturais. Para a avaliação desses fatores no município de Machadinho d'Oeste foi utilizado a análise sistêmica da paisagem, segundo o método de Crepani et al. (1996), desenvolvido a partir do conceito de ecodinâmica de Tricart (1977), com a seleção de dados disponíveis (RONDÔNIA, 2002a; QUADROS & RIZZOTTO, 2007), e elaboração de um banco de dados (temas geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e precipitação). Com a utilização do programa LEGAL/SPRING/INPE realizam-se operações para cada tema envolvido, transformando-os em geo-campos numéricos (item 5.1.1), e a integração dos mapas numéricos de cada tema originou o mapa de vulnerabilidade natural à erosão da área de estudo através da álgebra de mapas em um SIG (item 5.1.2).

A seqüência de operação utilizada no programa LEGAL/SPRING/INPE e os pesos estabelecidos para as unidades de cada tema para os cálculos de geração dos geo-campos numéricos estão listados no Apêndice (A). A partir da operação aritmética do programa LEGAL foi gerado um novo geo-campo numérico Apêndice (B), com a operação de fatiamento ajustou-se os valores com as classes, em seguida, através da operação de reclassificação, agruparam-se as 21 classes em seus respectivos intervalos de valores de vulnerabilidade natural à erosão, com a seqüência listada no Apêndice (C).

#### **5.1.1. Vulnerabilidade natural à erosão por tema**

##### **GEOLOGIA**

As unidades geológicas da área de estudo identificadas na Figura 12 e reconhecidas nos trabalhos de campo com coleta de amostras e análises de laboratório (item 5.2) representam histórias geológicas de parte do Proterozóico (Paleo, Meso e Neoproterozóico) e parte do Fanerozóico, mais especificamente do Quaternário. Desta forma, configura-se uma

evolução geológica com processos magmáticos, metamórficos e sedimentares de diversas naturezas e geração de litologias variadas. Os índices de vulnerabilidade adotados para os litotipos das unidades geológicas presentes na área de estudo, e corroborado por Crepani et al. (1996), variam desde 1,5 para granitóides neoproterozóicos e mesoproterozóicos, a até 3,0 no caso para sedimentos aluvionares quaternários (Tabela 4).

O grau de coesão das rochas apresenta-se como informação básica para a avaliação ecodinâmica, considerando-se a relação morfogênese e pedogênese proposta por Tricart (1977) e adaptado por Crepani et al. (1996). Isto em função de que para rochas pouco coesas é prevista a prevalência de processos erosivos modificadores das formas de relevo (morfogênese), enquanto que nas rochas coesas devem prevalecer os processos intempéricos e conseqüentemente a formação de solos (pedogênese).

Em decorrência de menor grau de coesão e por prevalecer a morfogênese, algumas unidades receberam valores próximos ou iguais a 3,0 (vulnerável), no caso de sedimentos quaternários, tanto os indiferenciados, distribuídos na porção central e extremo noroeste da área, quanto os aluvionares, distribuídos junto as drenagens principais da área (rios Machado e Machadinho e igarapé do Inferno). Por outro lado, rochas com maior grau de coesão (granitóides e gnaisses) são as predominantes na área de estudo e pertencem as unidades Suítes Intrusiva Rondônia e Serra da Providência, Suíte Metamórfica Quatro Cachoeiras e Complexo Jamari. São unidades geológicas onde prevalece a pedogênese, tendo recebido valores de vulnerabilidade próximos a 1,0 e 2,0 nos cálculos numéricos (moderadamente estável vulnerável). Na porção norte da área de estudo os arenitos da Formação Palmeiral são considerados como de vulnerabilidade intermediária (moderadamente vulnerável) em virtude de seu índice adotado de 2,4 nos cálculos numéricos (Figura 12).

**Tabela 4.** Valores de vulnerabilidade natural à erosão para as unidades geológicas.

<b>UNIDADES GEOLÓGICAS</b>	<b>ÍNDICES DE VULNERABILIDADE</b>
Sedimentos Aluvionares - Quaternário	3,0
Coberturas Sedimentares Indiferenciadas - Quaternário	2,8
Formação Palmeiral - Neoproterozóico	2,4
Suíte Intrusiva Rondônia - Neoproterozóico	1,5
Suíte Intrusiva Serra da Providência - Mesoproterozóico	1,5
Suíte Metamórfica Quatro Cachoeiras - Paleoproterozóico	1,6
Complexo Jamari - Paleoproterozóico	1,6

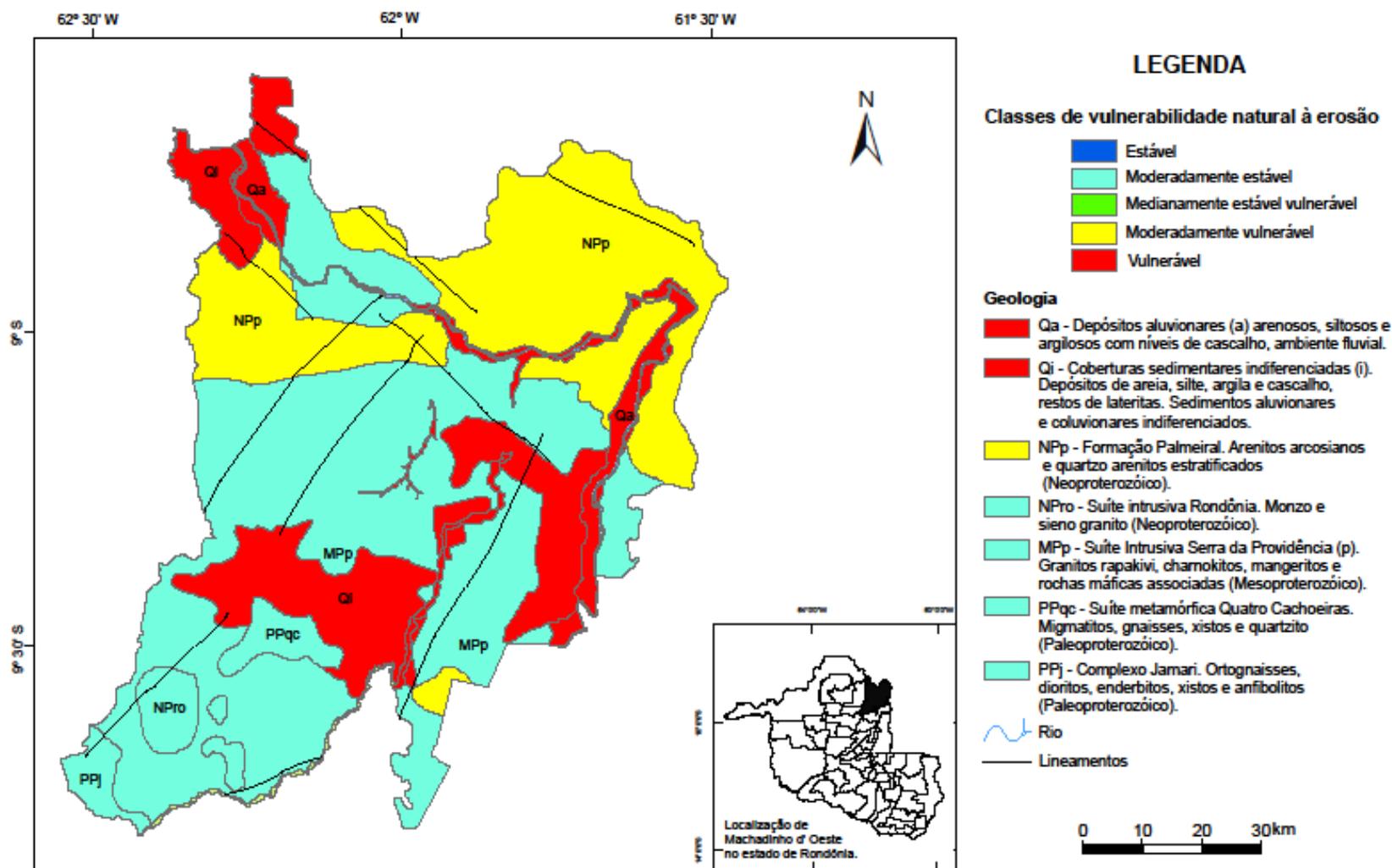


Figura 12. Mapa de vulnerabilidade natural à erosão do tema geologia do município de Machado d'Oeste.

## GEOMORFOLOGIA

Um dos principais fatores para se definir os valores referentes à vulnerabilidade natural à erosão das feições do relevo é o da intensidade de dissecação do relevo. De acordo com Crepani et al. (1996) quanto menor for a intensidade de dissecação, menores serão os valores atribuídos as unidades geomorfológicas na escala de vulnerabilidade, ou seja, valores mais próximos à estabilidade (próximos a 1,0). Da mesma forma, as unidades geomorfológicas que apresentam maiores intensidades de dissecação receberam valores da escala de vulnerabilidade mais próximos de 3,0, ou seja, próximos da classe vulnerável (Tabela 5 e Figura 13).

**Tabela 5.** Valores de vulnerabilidade natural à erosão para as unidades geomorfológicas.

<b>UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS</b>	<b>ÍNDICES DE VULNERABILIDADE</b>
Depressões	3,0
Depressões, lagos - áreas alagadas	3,0
Terraços fluviais altos não dissecados	2,8
Terraços fluviais altos com dissecação baixa	2,8
Terraços fluviais baixos com dissecação baixa	2,8
Planícies inundáveis e vales - rios principais	3,0
Planícies inundáveis e vales - rios secundários	3,0
Superfície de aplanamento - nível II (200-300) com relevo plano e superfícies com couraças ferruginosas.	1,8
Superfície de aplanamento - nível II (200-300) com dissecação baixa e nenhum ou esporádicos inselbergs e tors.	1,6
Superfície de aplanamento - nível II (200-300) com dissecação média e nenhum ou esporádicos inselbergs e tors.	1,6
Superfície de aplanamento - nível II (200-300) com dissecação média e muitos tors e hillocks residuais.	1,8
Superfície de aplanamento - nível II (200-300) com dissecação alta e nenhum ou esporádicos inselbergs e tors.	1,6
Superfície de aplanamento - nível II (200-300) com dissecação alta e muitos tors e hillocks residuais.	1,8
Superfície de aplanamento - nível III (< 200) com dissecação baixa e nenhum ou esporádicos inselbergs e tors.	1,6
Superfície de aplanamento - nível III (< 200) com dissecação alta	

e nenhum ou esporádicos inselbergs e tors.	1,6
Agrupamento de morros e colinas/aberto com colinas/inselbergs baixos e médios.	1,6
Agrupamento de morros e colinas/denso com colinas/inselbergs médios e altos.	1,6
Unidades em areias brancas e escoamento impedido.	3,0
Agrupamento aberto de morros e colinas com controle estrutural	1,6

As unidades geomorfológicas que tiveram maior expressão na classificação de vulnerabilidade natural à erosão (Figura 13) foram as Unidades Denudacionais localizadas no centro sul da área de estudo, com índices de vulnerabilidade 1,6 e 1,8, e as Planícies Aluviais e Depressões, principalmente na porção norte da área, com índices de vulnerabilidade 2,8 e 3,0. Apesar de aparecerem em menor expressão as Unidades Estruturais/Denudacionais e Unidades em Areias Brancas e Escoamento Impedido obtiveram índice 3,0 de vulnerabilidade.

## **PEDOLOGIA**

Para a atribuição de valores de vulnerabilidade à erosão das unidades pedológicas, foram analisados os parâmetros referentes ao tipo de solo, suas características mineralógicas e o seu grau de desenvolvimento.

Nas unidades pedológicas representadas por latossolos são consideradas estáveis e o valor atribuído na escala de vulnerabilidade é de 1,0. Os solos do tipo podzólicos são considerados intermediários e o valor atribuído na escala de vulnerabilidade são 2,0.

Para as unidades pedológicas consideradas vulneráveis é atribuído o valor 3,0 e representam solos jovens com perfis incipientemente desenvolvidos (Tabela 6), caracterizados como solos aluviais, regossolos e areias quartzosas (Figura 14).

Os latossolos exibem uma distribuição de maior abrangência na área de estudo. Este tipo de solo recebeu índices de vulnerabilidade que variam de 1,0 a 1,6. Seus valores mais elevados referem a sua associação com areias quartzosas ou solos glei distróficos num mesmo polígono.

Na porção norte da área de estudo encontram-se solos com índices elevados de vulnerabilidade natural à erosão. São planassolos, classificados como um tipo de podzólico, solos glei, regossolos, areias quartzosas e cambissolo (Figura 14).

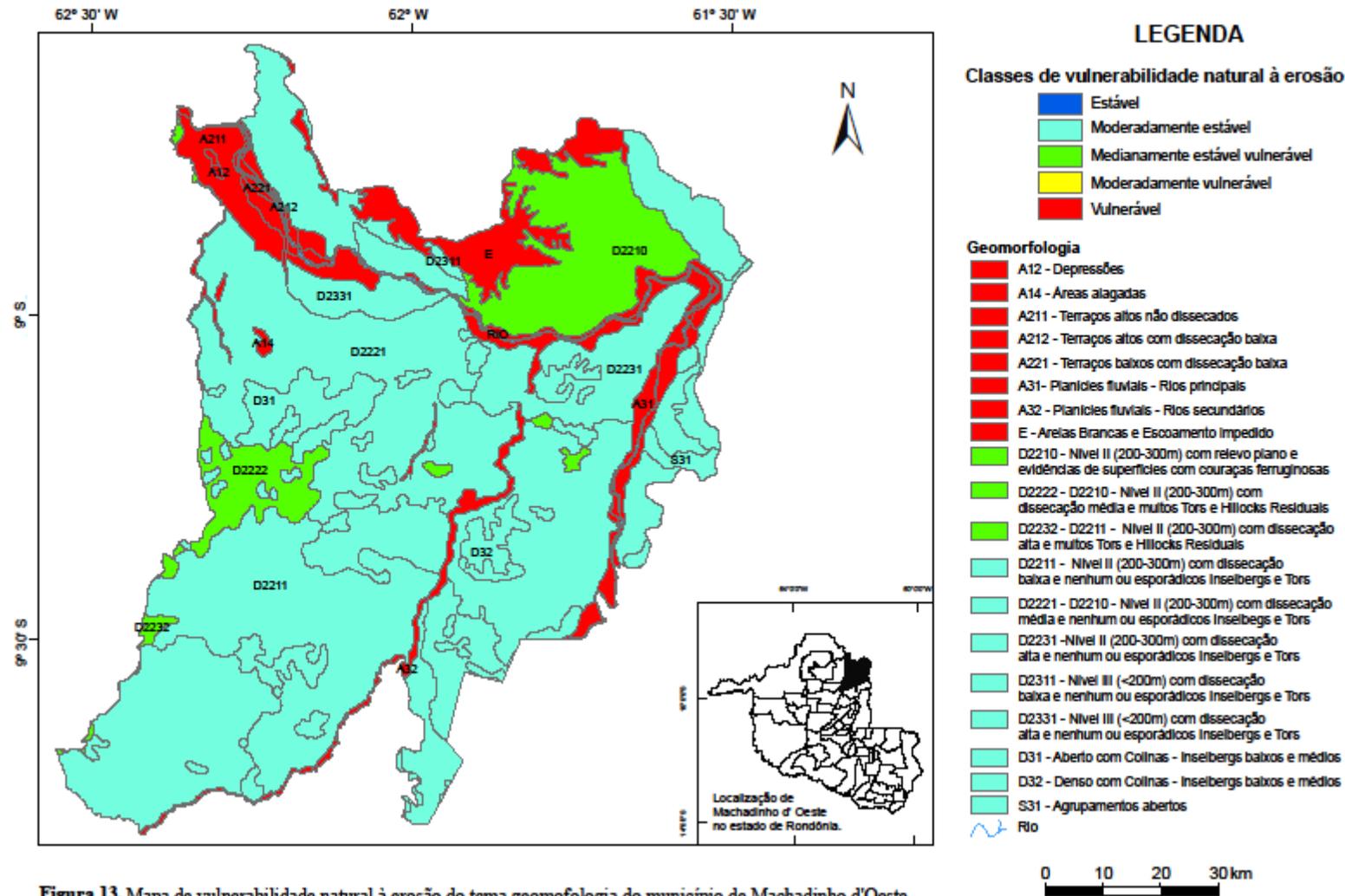


Figura 13. Mapa de vulnerabilidade natural à erosão do tema geomorfologia do município de Machadinho d'Oeste.

**Tabela 6.** Valores de vulnerabilidade natural à erosão para as unidades pedológicas.

<b>UNIDADES PEDOLÓGICAS</b>	<b>ÍNDICES DE VULNERABILIDADE</b>
Cambissolos distróficos	2,5
Cambissolos distróficos + latossolo vermelho escuro	2,05
Regossolos eutróficos	3,0
Solos glei distróficos, textura argilosa e mal drenado	2,7
Solos glei distróficos, textura argilosa	3,0
Latossolos amarelos distróficos, textura argilosa	1,0
Latossolos amarelos distróficos + cambissolo distrófico	1,45
Latossolos amarelos distróficos + solos glei distrófico	1,6
Latossolos amarelos distróficos, textura úmida	1,0
Latossolos amarelos distróficos + podzólico amarelo	1,3
Latossolos amarelos distróficos + planassolo distrófico	1,3
Latossolos amarelos distróficos + areias quartzosas	1,5
Latossolos amarelos distróficos, textura argilosa	1,0
Latossolos amarelos distróficos + solo aluvial distrófico	1,6
Latossolos vermelho amarelos distróficos, textura argilosa	1,0
Latossolos vermelho amarelos distróficos + latossolo amarelo distrófico	1,0
Latossolos vermelho amarelos distróficos + latossolo vermelho escuro distrófico	1,0
Latossolos vermelho amarelos distróficos + podzólico vermelho amarelo distrófico	1,3
Latossolos vermelho amarelos distróficos , textura argilosa e relevo suave ondulado	1,0
Latossolos vermelho amarelos distróficos + areias quartzosas	1,6
Latossolos vermelho amarelos distróficos	1,0
Latossolos vermelho amarelos distróficos + solos glei distróficos	1,6
Latossolos vermelho amarelos distróficos + latossolo vermelho amarelo distrófico	1,0
Areias quartzosas	3,0
Planassolos distróficos	2,0

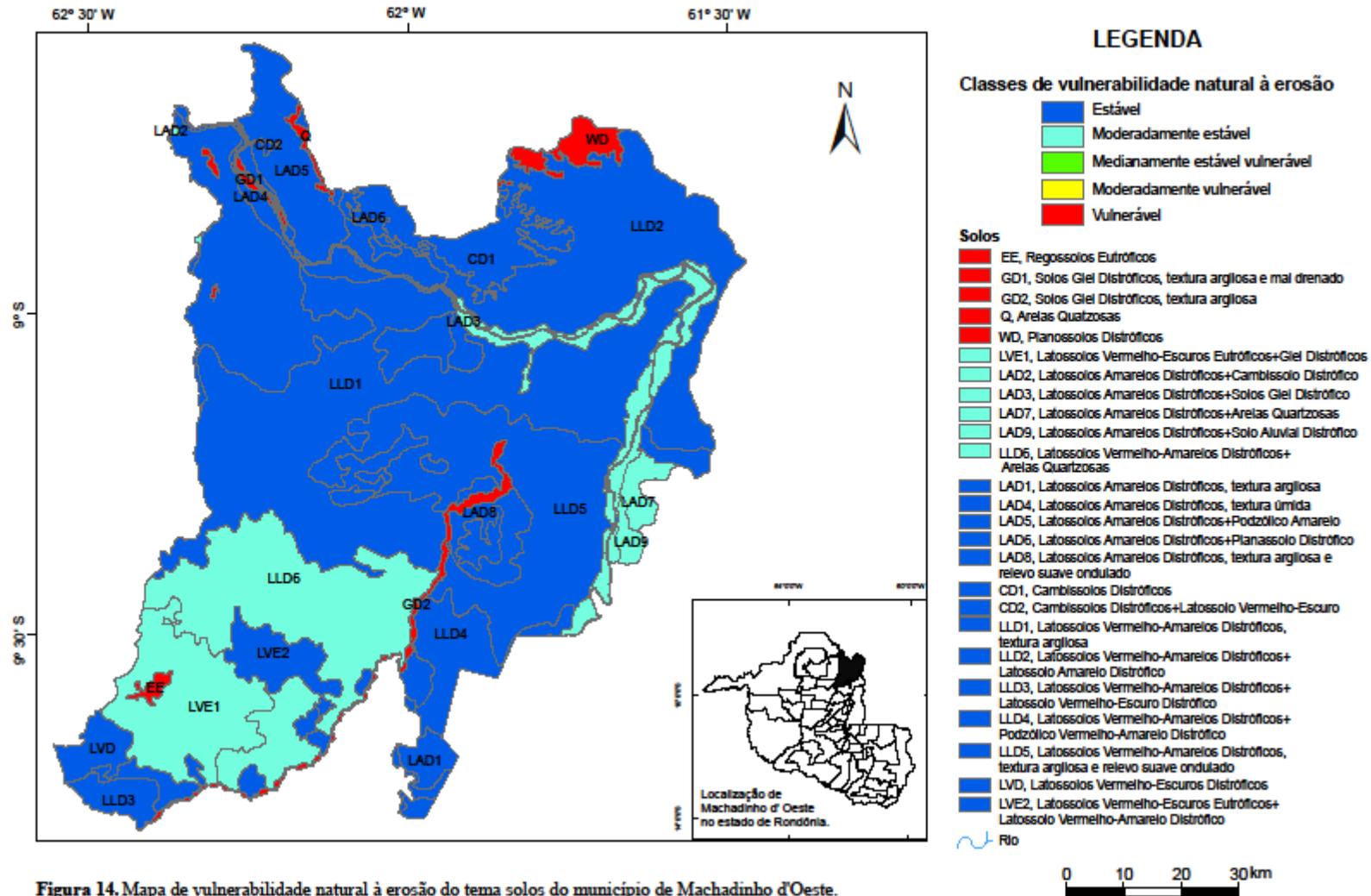


Figura 14. Mapa de vulnerabilidade natural à erosão do tema solos do município de Machadinho d'Oeste.

## VEGETAÇÃO

Para se determinar os valores de vulnerabilidade natural à erosão do tema vegetação, obteve-se dados do tipo de vegetação que ocorre no município de Machadinho d'Oeste (Figura 15), analisando-se a densidade da cobertura vegetal com o auxílio da imagem de satélite, parâmetro este de grande significância para a atribuição dos valores (Tabela 7).

De acordo com Crepani et al. (1996), para a cobertura vegetal das unidades de paisagem são atribuídos os seguintes valores: a) valores próximos a 1,0 (estabilidade) – vegetação composta por Floresta Ombrófila Densa, Aberta e Mista; b) valores próximos a 1,4 e 1,7 (moderadamente estável) - para cobertura vegetal composta por Floresta Estacional Semidecidual, Savana Florestada, Estepe arbórea e Formação Campinarana; c) valores próximos a 2,0 (mediana) - para cobertura vegetal composta por Savana Arborizada, Floresta Estacional Decidual, Campinarana Arborizada, Estepe Arborizada e Buritizal; d) valores próximos a 2,3 e 2,6 (moderadamente vulnerável) - para cobertura vegetal composta por Savana Parque, Savana Estépica Parque e; e) valores próximos a 3,0 (vulnerável) - para cobertura vegetal composta por Savana Gramíneo-Lenhosa, Campinarana Gramíneo-Lenhosa, vegetação secundária e pastagem.

Os casos especiais referem-se aos denominados encrave e ecótono, que são a mistura entre tipos de vegetação diferente. Para obter-se o valor na escala de vulnerabilidade do contato do tipo ecótono, calculou-se a média aritmética dos tipos de vegetação que estão nele contido.

A área do município de Machadinho d'Oeste conta com uma significativa variedade de tipos de cobertura vegetal, combinados ou não. Os índices mais elevados de vulnerabilidade natural à erosão são representados pelas savanas e formações pioneiras identificados na porção norte da área de estudo, e em polígonos onde ocorre a combinação de vegetação natural com vegetação secundária, encontrada principalmente na porção sul da área de estudo (Figura 15).

**Tabela 7.** Valores de vulnerabilidade natural à erosão para as unidades de vegetação.

<b>UNIDADES DE VEGETAÇÃO</b>	<b>ÍNDICES DE VULNERABILIDADE</b>
Área Urbana	3,0
Pastagem + vegetação secundária + floresta ombrófila aberta com cipós. Floresta ombrófila aberta	2,8
Pastagem + vegetação secundária. Floresta ombrófila aberta	2,8
Pastagem + vegetação secundária. Floresta ombrófila densa	2,8
Pastagem + vegetação secundária. Contato savana	2,8
Pastagem. Floresta Ombrófila Aberta	2,8
Pastagem. Floresta Ombrófila Densa	2,8
Floresta ombrófila aberta aluvial com palmeiras	1,5
Floresta ombrófila aberta terras baixas com palmeiras + com cipós + floresta ombrófila densa terras baixas	1,2
Floresta ombrófila aberta submontana com cipós	1,2
Floresta ombrófila aberta submontana com cipós + palmeiras	1,2
Floresta ombrófila aberta submontana com cipós + palmeiras + floresta ombrófila densa submontana dossel emergente	1,2
Floresta ombrófila aberta submontana com cipós + floresta ombrófila densa submontana dossel emergente	1,1
Floresta ombrófila aberta submontana com cipós + floresta ombrófila densa submontana dossel emergente + floresta ombrófila aberta submontana com palmeiras	1,2
Floresta ombrófila aberta submontana com palmeiras	1,2
Floresta ombrófila aberta submontana com palmeiras + cipós	1,2
Floresta ombrófila aberta submontana com palmeiras + floresta ombrófila aberta submontana com palmeiras com cipós + floresta ombrófila densa submontana dossel emergente	1,2
Floresta ombrófila aberta submontana com palmeiras + floresta ombrófila densa submontana dossel emergente	1,2
Floresta ombrófila aberta submontana com palmeiras + floresta ombrófila densa submontana dossel emergente + floresta ombrófila aberta submontana com cipós	1,2
Floresta ombrófila densa aluvial + floresta ombrófila aberta aluvial com palmeiras	1,1
Floresta ombrófila densa aluvial dossel emergente	1,0

Floresta ombrófila densa terras baixas + floresta ombrófila aberta aluvial com palmeiras	1,1
Floresta ombrófila densa submontana dossel emergente + floresta ombrófila aberta submontana com cipós	1,1
Floresta ombrófila densa submontana dossel emergente + floresta ombrófila aberta submontana com palmeiras + floresta ombrófila aberta submontana com cipós	1,1
Floresta ombrófila densa submontana dossel uniforme	1,1
Formações pioneiras com influência fluvial e /ou lacustre – arbustiva com palmeiras	2,3
Formação pioneira influência fluvial arbustiva sem palmeiras + formações pioneiras com influência fluvial e /ou lacustre - herbácea	2,5
Formações pioneiras com influência fluvial e /ou lacustre – herbácea	2,7
Formações pioneiras com influência fluvial e /ou lacustre – herbácea + formações pioneiras com influência fluvial e /ou lacustre – arbustiva com palmeiras	2,5
Formações pioneiras com influência fluvial e /ou lacustre – herbácea + formação pioneira influencia fluvial arbustiva sem palmeiras	2,5
Contato savana com floresta ombrófila aberta submontana com palmeiras + savana arbórea aberta sem floresta de galeria	1,77
Contato savana com floresta ombrófila aberta submontana com palmeiras + savana florestada arbórea densa	1,57
Contato savana com floresta ombrófila aberta submontana com palmeiras + savana florestada arbórea densa + savana arbórea aberta sem floresta de galeria	1,75
Savana florestada arbórea densa	1,7
Savana parque com floresta de galeria	2,5
Savana parque com floresta de galeria + savana arbórea aberta com floresta de galeria	2,5
Vegetação secundária. Floresta ombrófila aberta	2,7

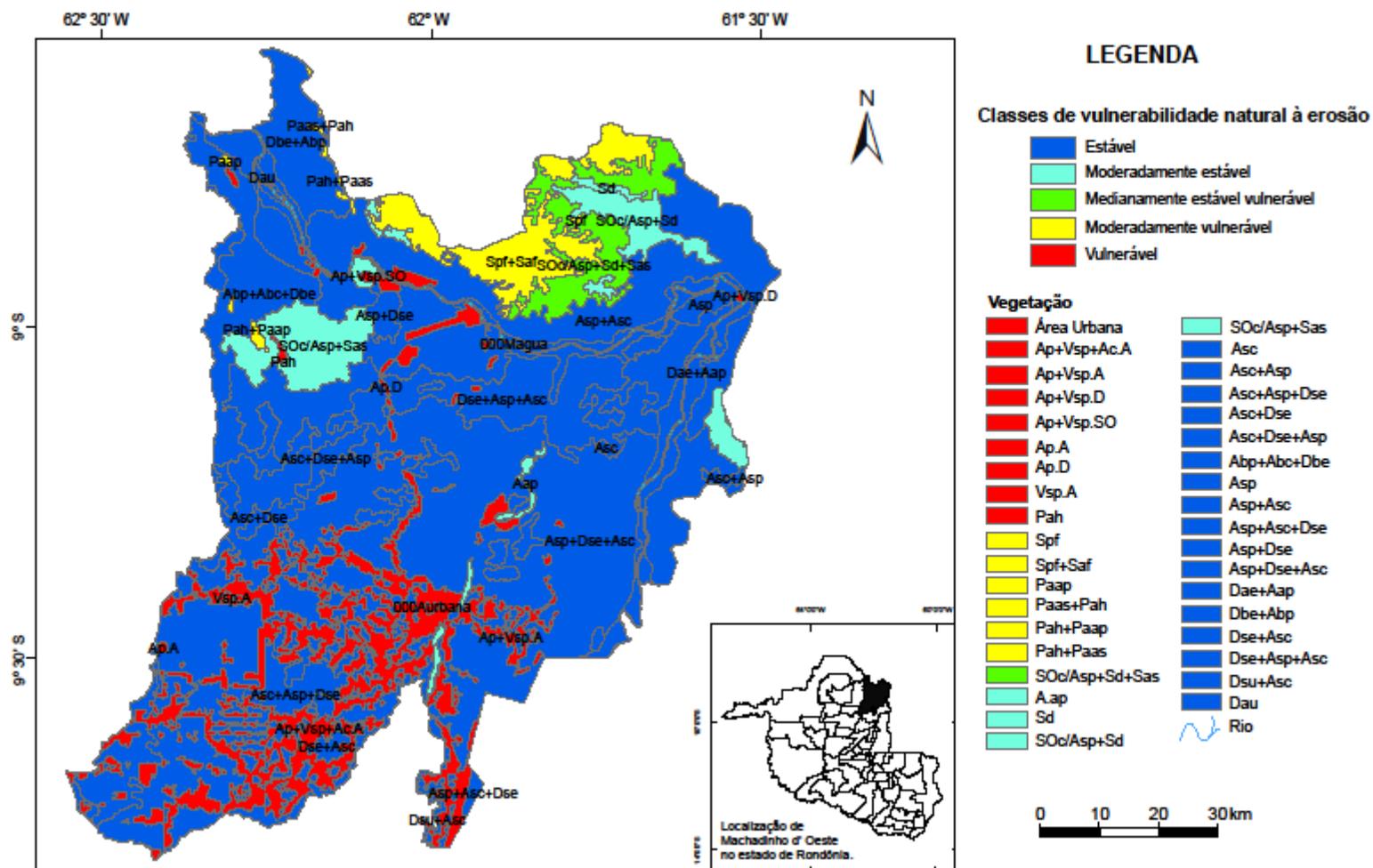


Figura 15. Mapa de vulnerabilidade natural à erosão do tema vegetação do município de Machadinho d'Oeste.

## PRECIPITAÇÃO

As características físicas das chuvas envolvidas nos processos erosivos são fatores determinantes para a definição de valores de índice de vulnerabilidade natural à erosão do tema precipitação. São características relacionadas a quantidade ou pluviosidade total, a intensidade ou intensidade pluviométrica e a distribuição sazonal.

Na área do município de Machadinho d'Oeste a temperatura média anual situa-se entre 24 e 26°C (RONDÔNIA, 2002b), e possui seis diferentes índices de precipitação média anual, variando de 2,05 a 2,3, que corresponde, respectivamente, a precipitação de 2100 a 2600 mm/ano (Tabela 8). Os menores índices de vulnerabilidade encontram-se na porção nordeste e os maiores na porção sudoeste (Figura 16).

**Tabela 8.** Valores de vulnerabilidade natural à erosão para índices de precipitação.

PRECIPITAÇÃO (mm/ano)	ÍNDICE DE VULNERABILIDADE
2100	2,05
2200	2,10
2300	2,15
2400	2,20
2500	2,25
2600	2,30

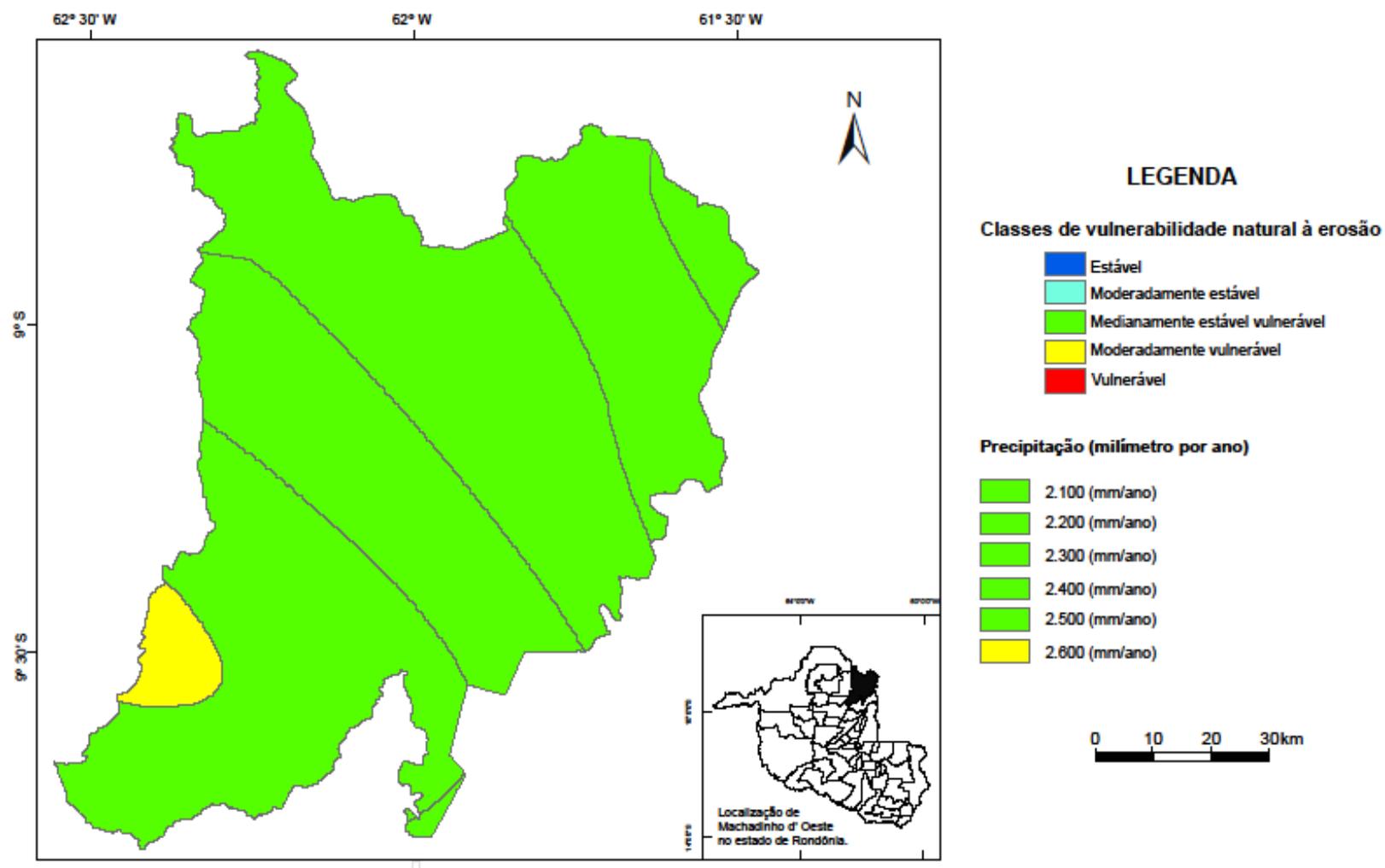


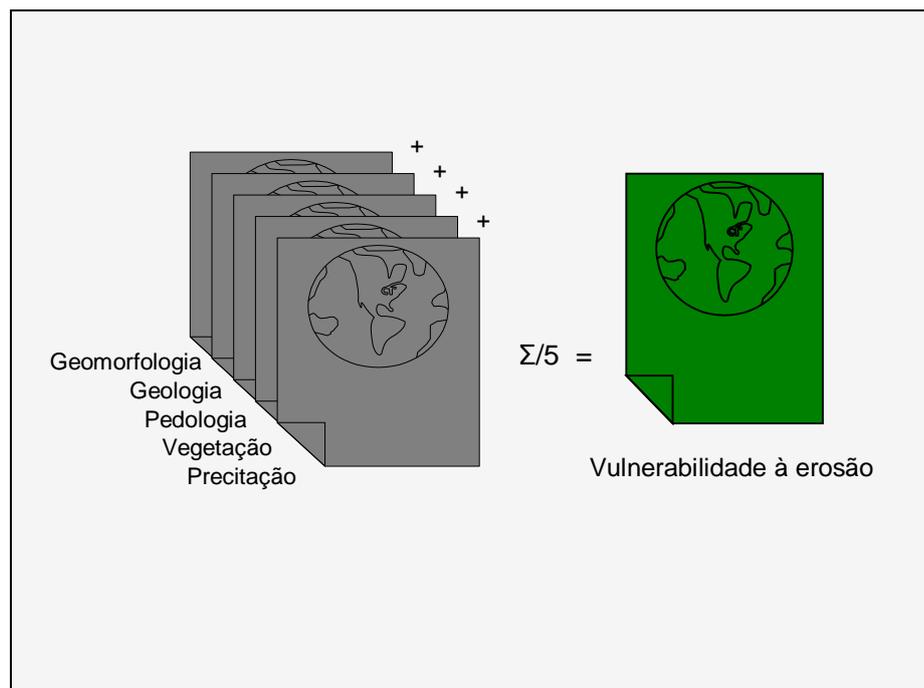
Figura 16. Mapa de vulnerabilidade natural à erosão do tema precipitação do município de Machado d'Oeste.

### 5.1.2. Vulnerabilidade natural à erosão - análise integrada dos temas

Após a atribuição dos valores para as unidades temáticas a partir da identificação de unidades em que a morfogênese prevalece e outras em que a pedogênese prevalece ou ainda as intermediárias e a transformação desses valores para geo-campos numéricos foi realizada a operação aritmética do programa legal/SPRING/INPE (Apêndice B), conforme a (Figura 17) através da equação a seguir:

$$V = \frac{(G + R + S + Vg + P)}{5}$$

Onde: V = vulnerabilidade da unidade de paisagem; G = vulnerabilidade para o tema geologia; R = vulnerabilidade para o tema geomorfologia; S = vulnerabilidade para o tema solos; Vg = vulnerabilidade para o tema vegetação/uso do solo; P = vulnerabilidade para o tema precipitação.



**Figura 17.** Seqüência utilizada na elaboração do mapa de vulnerabilidade natural à erosão.

Foi gerado, então, um novo geo-campo numérico com sua operação descrita no Apêndice B. Em seguida, realizou-se a operação de fatiamento, que consiste em ajustar os valores com as classes, o que permite a transformação do modelo de geo-campo numérico para temático. Para a classificação da vulnerabilidade natural à erosão das unidades de paisagens foram utilizadas 21 classes que possuem a representação cartográfica a partir da

combinação das três cores aditivas primárias (azul, verde e vermelho), como se observa no Quadro 1. Através da operação de reclassificação as 21 classes de vulnerabilidade das unidades de paisagens foram agrupadas em seus respectivos intervalos de valores de vulnerabilidade, listadas no Apêndice C.

Após a análise dos processos que influenciaram o desenvolvimento da morfogênese e da pedogênese, e classificá-los em 21 intervalos de acordo com os índices alcançados, a representação de cada tema foi expressa nas classes vulnerável, moderadamente vulnerável, medianamente estável vulnerável, moderadamente estável e estável (Quadro 2).

UNIDADE DE PAISAGEM	MÉDIA		GRAU DE VULNERAB.	GRAU DE SATURAÇÃO			CORES
				VERM.	VERDE	AZUL	
U1	↑	3,0	VULNERÁVEL	255	0	0	
U2		2,9		255	51	0	
U3		2,8		255	102	0	
U4	V	2,7		255	153	0	
U5	U	2,6	MODERADAM. VULNERÁVEL	255	204	0	
U6	L	2,5		255	255	0	
U7	N	2,4		204	255	0	
U8	E	2,3		153	255	0	
U9	R	2,2	MEDIANAM. ESTÁVEL/ VULNERÁVEL	102	255	0	
U10	A	2,1		51	255	0	
U11	B	2,0		0	255	0	
U12	I	1,9		0	255	51	
U13	L	1,8	MODERADAM. ESTÁVEL	0	255	102	
U14	I	1,7		0	255	153	
U15	D	1,6		0	255	204	
U16	A	1,5		0	255	255	
U17	D	1,4	ESTÁVEL	0	204	255	
U18	E	1,3		0	153	255	
U19		1,2		0	102	255	
U20		1,1		0	51	255	
U21	↓	1,0		0	0	255	

**Quadro 1.** Escala de vulnerabilidade natural à erosão das unidades territoriais básicas. Fonte: Crepani et al. (1996).

	GRAU DE VULNERABILIDADE	INTERVALO DE CLASSE PARA GEO-CAMPO NUMÉRICO	COR DA CLASSE
↓	Estável	1.0 – 1.3	
	Moderadamente Estável	1.4 – 1.7	
	Medianamente Estável Vulnerável	1.8 – 2.2	
	Moderadamente Vulnerável	2.3 – 2.6	
	Vulnerável	2.7 – 3.0	

**Quadro 2.** Classes temáticas de vulnerabilidade natural à erosão. Adaptado de Crepani et al. (1996).

A partir das operações para se obter as classes de vulnerabilidade natural à erosão no SPRING/INPE e utilizando-se a unidade hectares e mapa matricial, verificou-se a ocorrência de quatro classes de vulnerabilidade natural à erosão no município de Machadinho d'Oeste, com suas respectivas porcentagens (Tabela 9).

**Tabela 9.** Distribuição das classes de vulnerabilidade natural à erosão no município de Machadinho d'Oeste.

VULNERABILIDADE	ÁREA EM HECTARES	ÁREA %
Estável	0,0	0,0
Moderadamente estável	570.972,60	67,73
Medianamente estável vulnerável	233.092,62	27,65
Moderadamente vulnerável	38277,36	4,54
Vulnerável	674,01	0,08
Total	843.016,59	100,00

São resultados que mostram o predomínio (95,38%) das classes intermediárias (moderadamente estável, medianamente estável vulnerável) e suas relações com as unidades de conservação, projetos de assentamento e os pontos identificados com ocorrência de processos erosivos acelerados estão mostradas na Figura 18, com as seguintes características:

- **Vulnerabilidade moderadamente estável:** esta classe é a mais representativa no município de Machadinho d'Oeste (67,73%). É constituída por floresta ombrófila disposta em terrenos com altitudes de 200 m a 300 m, relevo com dissecação baixa e média e latossolos, sendo estes, segundo Crepani et al. (1996), unidades de paisagens naturais estáveis do tema pedologia, no entanto, possui limitação ao uso agrícola devido a sua baixa fertilidade natural. No quadrante oeste da área, polígonos caracterizados como de vulnerabilidade moderadamente estável encontra-se cercados por porções antropizadas de classe de vulnerabilidade medianamente estável vulnerável (Figura 18). Por outro lado, as unidades de conservação delimitadas no município estão predominantemente distribuídas nesta classe de vulnerabilidade moderadamente estável à erosão natural, sobretudo pelo peso próximo a 1 (estável) considerado para a floresta ombrófila nas operações dos geo-campos numéricos.

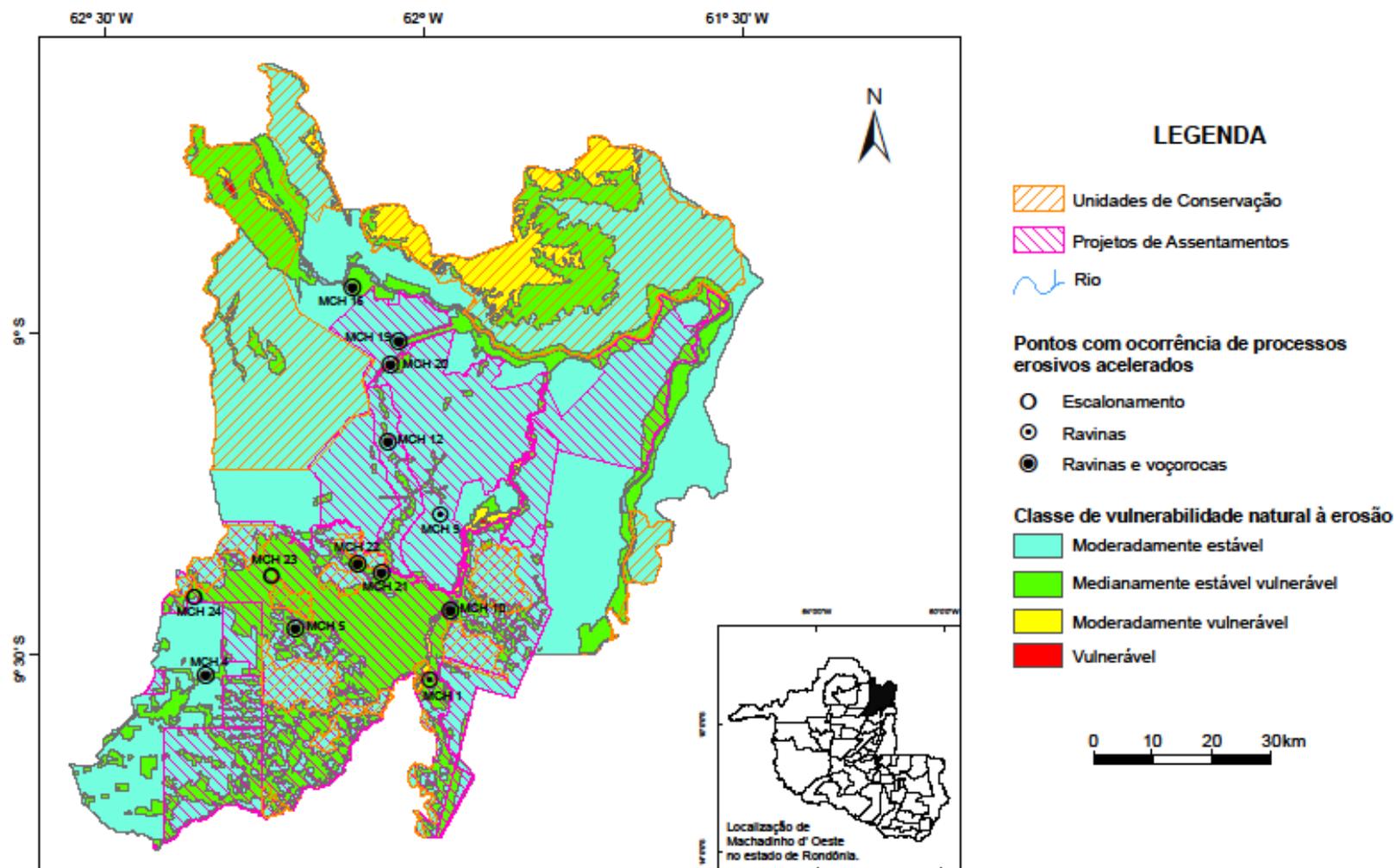


Figura 18. Mapa de vulnerabilidade natural à erosão com unidades de conservação, projetos de assentamentos e pontos de ocorrência de processos erosivos acelerados no município de Machadinho d'Oeste.

▪ **Vulnerabilidade medianamente estável vulnerável:** esta classe de vulnerabilidade natural a erosão representa 27,65% da área do município. Dispõe-se em dois ambientes caracterizados, respectivamente, como antropizados e não antropizados.

O ambiente não antropizado é representado por polígonos distribuídos, sobretudo nas proximidades do rio Machado e na porção central do município. Tratam-se de áreas de contato savana/floresta com relevo plano a levemente ondulado e superfícies com couraças ferruginosas. Associa-se a relevo ora com dissecação baixa, ora não dissecados. Quando próximas ao rio Machado evidenciam planícies fluviais, terraços, áreas alagadas e depósitos aluvionares (arenosos, siltosos e argilosos com níveis de cascalho) localizados ao longo das faixas fluviais do rio principal e secundários. Na parte central do município o polígono de vulnerabilidade moderadamente estável vulnerável é representado por coberturas sedimentares indiferenciadas (depósitos de areias, silte, argila, cascalho, restos de lateritas) e latossolos vermelho-amarelo distróficos e, em quantidade subordinada, por areias quartzosas (Figura 18).

O ambiente antropizado, por sua vez, refere-se as áreas com características semelhantes daquelas com vulnerabilidade moderadamente estável, porém com o fator determinante relacionado à intensa modificação da vegetação natural. A modificação ocorreu em função da substituição da cobertura vegetal natural por cultivos agrícolas e por pastagens, principalmente em áreas de assentamentos (Figura 18). Os trabalhos de campo evidenciaram que são polígonos que a paisagem ainda não teve tempo suficiente para se reequilibrar, ou seja, encontram-se em fase de ajuste morfodinâmico. Com isso, são constantemente identificados processos erosivos induzidos acelerados em cortes de estradas e, quando estão em fase mais evoluída, são representados por voçorocas ativas e desconectadas (Figura 18).

▪ **Vulnerabilidade moderadamente vulnerável:** representa a terceira classe de maior expressão na área de estudo (4,54%). Distribui-se no extremo centro norte da área e em restritas porções ao longo dos rios Machado e Machadinho. Ressalta-se que para esta classe de vulnerabilidade natural à erosão o valor calculado foi de 2,63, um valor muito próximo a 2,7, quando se inicia a classe vulnerável.

A classe abrange diferentes tipos de vegetação considerados os mais vulneráveis, como as savanas e formações pioneiras e ainda limite com as zonas de contato savana/floresta. É representada por vegetação do tipo savana parque com floresta de galeria, unidades geomorfológicas de areias brancas e escoamento impedido, tendo como substrato

geológico os arenitos arcóseos e quartzos arenitos estratificados neoproterozóicos (Formação Palmeiral).

Esta classe também está representada em um polígono localizado na porção norte do município, próximo ao rio Machado, fazendo parte da Unidade de Conservação Parque Nacional Campos Amazônicos, composto por areias quartzosas brancas de baixa capacidade de agregação de partículas, constituídas essencialmente de grãos de quartzo bem selecionados na fração areia. Os solos são constituídos pela sequência de horizontes A-C, sendo que o horizonte A é caracterizada por matéria orgânica negra com espessura inferior a 3 mm, portanto configura-se uma área de baixa aptidão agrícola e alto potencial para processos erosivos acelerados, quando se envolve atividades antrópicas (Figura 18).

▪ **Vulnerabilidade vulnerável:** esta classe de vulnerabilidade natural à erosão é de representação reduzida (0,08%) na área de estudo (Figura 18). São porções de terrenos alagados e cobertura vegetal do tipo Formação Pioneira (noroeste do município), planícies fluviais com mata ciliares nativas ausentes nos aluviões do rio Machadinho, presentes em duas porções distintas: uma primeira porção localizada próxima a cidade de Machadinho d'Oeste, e a segunda na Sede da Fazenda Santa Maria. No caso das planícies fluviais outro fator que colabora para a sua alta vulnerabilidade à erosão natural é a proporção de areia (82%) em relação a silte+argila no material sedimentar, constituído basicamente por grãos bem selecionados de quartzo em solos glei.

## 5.2. DADOS DE CAMPO E LABORATÓRIO

Nos trabalhos sistemáticos de campo foi possível avaliar e validar as informações obtidas a partir dos mapas temáticos e de vulnerabilidade natural à erosão (item 5.1), avaliar os processos erosivos acelerados (item 5.3), e associá-los aos parâmetros envolvendo geomorfologia, geologia, pedologia, vegetação e antrópicos. Nos trabalhos de laboratório obtiveram-se dados granulométricos, mineralógicos e petrográficos que auxiliaram na caracterização em detalhe dos materiais coletados no campo.

### 5.2.1. Análise dos dados obtidos

Os 26 pontos descritos nos trabalhos de campo no município de Machadinho d'Oeste (Figura 19 e Tabela 10) estão distribuídos ao longo das rodovias RO-257, 205 e 133 e na estrada secundária entre RO-257 e a Fazenda Santa Maria (Linha LJ 7A), bem como em estradas secundárias entre Machadinho d'Oeste e as localidades Oriente Novo, Buritis e Serra da Prata. São trabalhos que evidenciaram a predominância de altitudes de 100 a 200 m, com cursos dos rios principais e suas planícies localizadas em cotas inferiores a 100 m junto aos rios Machado, médio e baixo Machadinho e os baixos cursos do rio Juruá e dos igarapés do Inferno, São Domingos, Preto e Marmelos.

Porções descontínuas do terreno com altitudes entre 200 e 300 m ocorrem na porção sudoeste do município. Somente atinge 310 m na Serra das Queimadas no seu limite centro oeste, próximo ao ponto MCH-24, representando locais de nascentes dos afluentes dos rios Machadinho e Belém, dos igarapés Abacaxi e Repartimento, bem como nascentes dos afluentes da margem esquerda do baixo rio Machado, como os igarapés do Inferno, Jatuarana e Juruazino.

Em sua porção norte e central, preferencialmente, representando cerca de 40% do total da área do município, são identificados relevos cujas características principais gerais são sua planura e altitudes pouco superiores a 100 m (Fotografia 4). São relevos modelados em sedimentos indiferenciados cenozóicos na porção central (ponto MCH-8) e centro sul do município (ponto MCH-11) e nas proximidades da área urbana de Machadinho d'Oeste. As planuras ocorrem também desenvolvidas sobre sedimentos cenozóicos originados do desmantelamento de arenitos neoproterozóicos da Formação Palmeiral em sua porção norte, incluindo a Vila Tabajara. Neste caso, o contexto rochoso e seus produtos de intemperismo têm favorecido, de modo local, para se desenvolver condições para o estabelecimento de

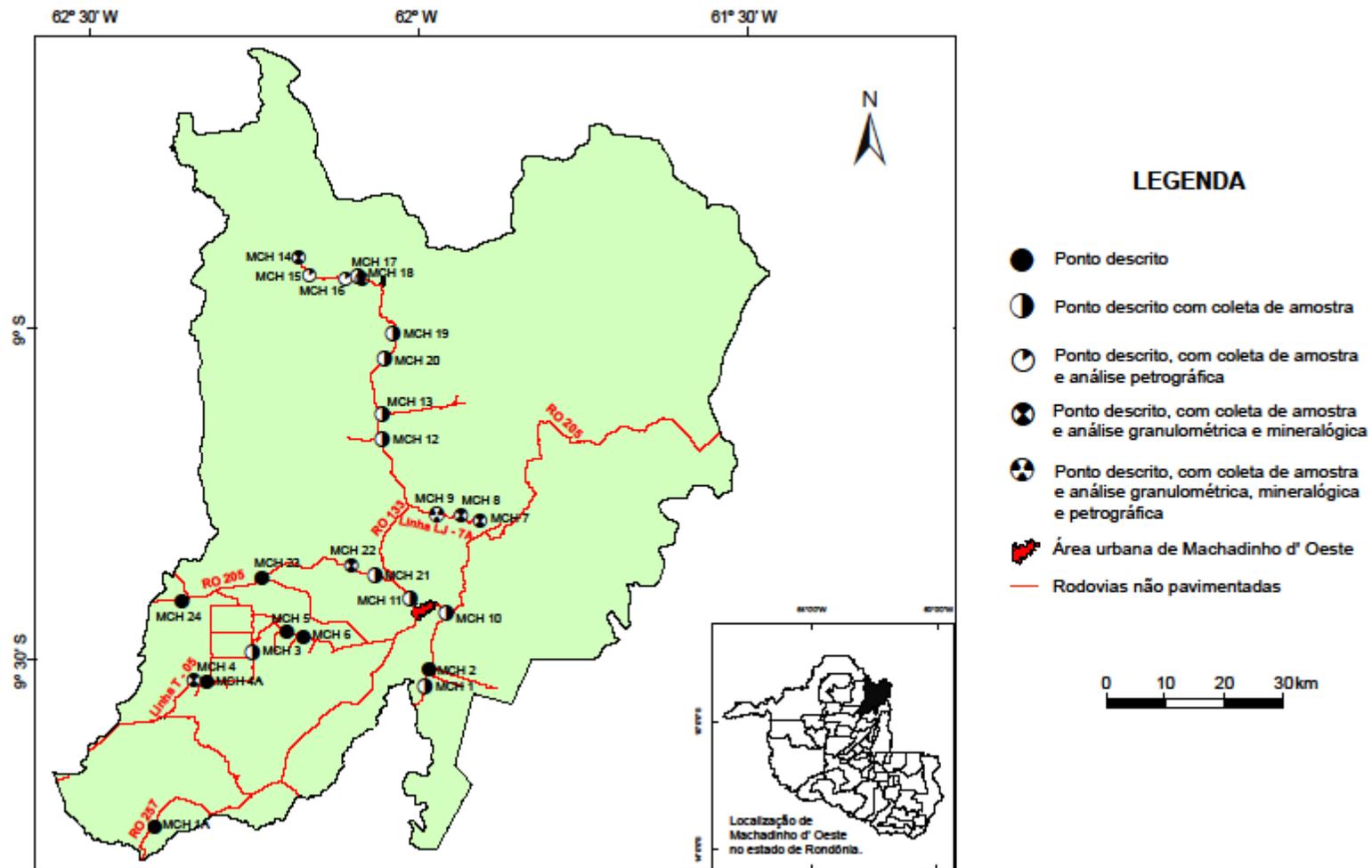


Figura 19. Mapa de pontos obtidos nos trabalhos de campo no município de Machadinho d'Oeste.

**Tabela 10.** Informações dos pontos visitados no campo.

<b>PONTO</b>	<b>CLASSE (tipo de análise em campo)</b>	<b>PROCESSO EROSIVO</b>
MCH-1A	Ponto descrito	Não ocorre
MCH-1	Ponto descrito com coleta de amostra	Ravina
MCH-2	Ponto descrito	Não ocorre
MCH-3	Ponto descrito com coleta de amostra	Não ocorre
MCH-4A	Ponto descrito	Não ocorre
MCH-4	Ponto descrito com coleta de amostra e análises granulométrica e mineralógica	Voçoroca
MCH-5	Ponto descrito	Ravina no pasto
MCH-6	Ponto descrito	Não ocorre
MCH-7	Ponto descrito com coleta de amostra e análises granulométrica e mineralógica	Não ocorre
MCH-8	Ponto descrito com coleta de amostra e análises granulométrica e mineralógica	Não ocorre
MCH-9	Ponto descrito com coleta de amostra e análises granulométrica, mineralógica e petrográfica	Ravina
MCH-10	Ponto descrito com coleta de amostra	Voçoroca
MCH-11	Ponto descrito com coleta de amostra	Não ocorre
MCH-12	Ponto descrito com coleta de amostra	Sulco
MCH-13	Ponto descrito com coleta de amostra	Não ocorre
MCH-14	Ponto descrito com coleta de amostra e análises granulométrica e mineralógica	Não ocorre
MCH-15	Ponto descrito com coleta de amostra e análise petrográfica	Não ocorre
MCH-16	Ponto descrito com coleta de amostra e análise petrográfica	Voçoroca
MCH-17	Ponto descrito com coleta de amostra	Não ocorre
MCH-18	Ponto descrito com coleta de amostra e análises granulométrica e mineralógica	Não ocorre
MCH-19	Ponto descrito com coleta de amostra	Voçoroca
MCH-20	Ponto descrito com coleta de amostra	Sulco
MCH-21	Ponto descrito com coleta de amostra	Voçoroca
MCH-22	Ponto descrito com coleta de amostra e análises granulométrica e mineralógica	Voçoroca
MCH-23	Ponto descrito	Escalonamento
MCH-24	Ponto descrito	Escalonamento

savanas dos campos amazônicos em contraste com floresta ombrófila adjacente (MCH-16, MCH-17 e MCH-18).

Quando o substrato rochoso é representado por rochas de composição granítica (cerca de 60% do total da área do município) ocorrem com frequência feições de modelamento do relevo ao longo de planos de fraturas (MCH-3, MCH-12, MCH-13, MCH-14), por vezes com lateritas ferruginosas pouco desenvolvidas, associadas como material de cobertura de elúvio (MCH-5) ou de colúvio (MCH-10, MCH-19, MCH-21, MCH-22). São fraturas que favorecem o avanço da alteração intempérica ao longo de seus planos, o que origina

esfoliações na rocha, configurando placas curvilíneas de alguns milímetros de espessura, sendo que seu descamamento tende a formar superfícies arredondadas. Desta forma, têm-se colinas arredondadas e embora pouco freqüente há blocos e matacões concentrados em seus topos ou vertentes delimitados por fraturas, se destacando em uma base de rochas pouco fraturadas, caracterizando a presença de inselbergs de matacões ou tors (MCH-12, Fotografia 5).

Os dados de laboratório obtidos com o tratamento das amostras coletadas na área de estudo de seu subsolo sedimentar (MCH-7, MCH-8, MCH-9, MCH-18 e MCH-22) e solo (MCH-4), em uma avaliação inicial dos dados em conjunto (Tabelas 11 e 12), verifica-se um predomínio de grãos de quartzo em todas as amostras analisadas, variando de 70% a 99%. O conteúdo de feldspato se destaca na amostra MCH-9, em função de sua rocha fonte tratar-se de um arenito arcossiano. Grãos lateríticos são mais comumente encontrados nas amostras MCH-4 e MCH-22, indicando que esses sedimentos passaram em algum momento de sua história geológica por enriquecimento supergênico, tendendo atualmente a evoluir para um elúvio.

Os valores referentes às porcentagens das frações areia e silte+argila das amostras selecionadas estão listados na Tabela 12 e as relações entre as porcentagens nas frações areia fina, média e grossa estão dispostas no diagrama da Figura 20. Destaca-se a amostra MCH-18 como a de melhor grau de seleção de seus grãos, pois além de apresentar 95% da fração areia, há a predominância da fração areia fina (fina + muito fina), mostrado no diagrama da Figura 20. Por outro lado, a amostra MCH-22 apresenta-se com seus grãos mal selecionados, caracterizados na distribuição entre as frações areia e silte+argila e na distribuição entre os grãos nas frações de areia (Figura 20).



**Fotografia 4.** Planura do relevo modelado em sedimentos indiferenciados cenozóicos na porção central do município de Machadinho d'Oeste (ponto MCH-8). Autora: Fabiana Barbosa Gomes, junho de 2008.



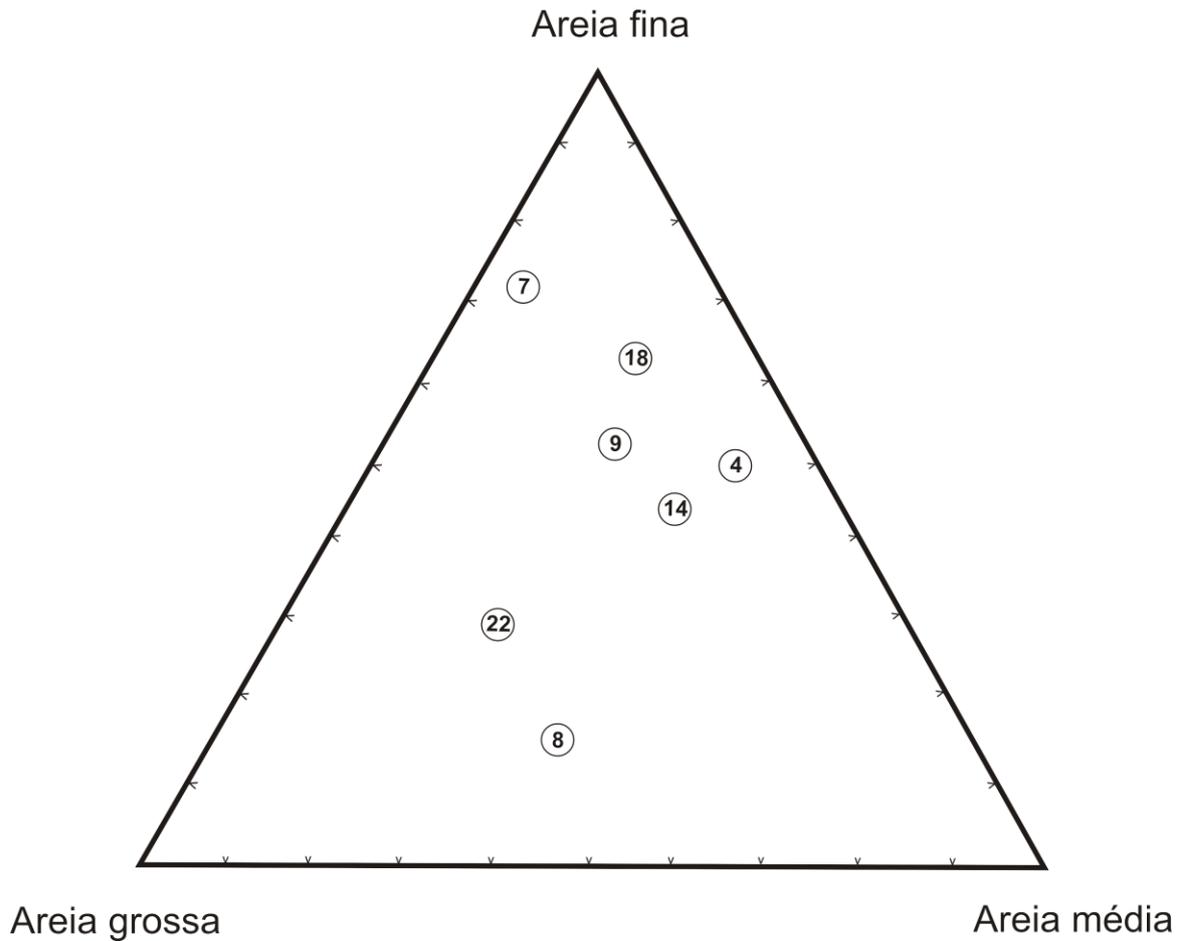
**Fotografia 5.** Colina com blocos e matações em seu topo e vertentes delimitados, caracterizando a presença de inselbergs de matações ou tors (ponto MCH-12). Granito rapakivi da Suíte Intrusiva Serra da Providência. Autora: Fabiana Barbosa Gomes, junho de 2008.

**Tabela 11.** Porcentagem mineral em volume da fração areia das amostras MCH-4, MCH-7, MCH-8, MCH-9, MCH-14, MCH-18 e MCH-22.

AMOSTRA	MINERAIS (% em volume)						
	Quartzo	Feldspato	Mica	Opacos	Zircão	Turmalina	Fragmentos lateríticos
MCH-4	70	< 1	0	13	< 1	0	17
MCH-7	85	< 1	< 1	10	1	0	4
MCH-8	96	< 1	0	1	0	< 1	3
MCH-9	76	9	0	11	< 1	< 1	4
MCH-14	87	4	2	4	< 1	< 1	3
MCH-18	99	0	0	1	0	0	0
MCH-22	72	0	10	2	< 1	0	16

**Tabela 12.** Porcentagem em peso das frações areia e silte+argila para as amostras com análises granulométricas.

AMOSTRA	Areia (g)	Silte + Argila (g)	Areia (% em peso)	Silte + Argila (% em peso)
MCH-4	157,1	411,2	27.6	72,4
MCH-7	189,2	39,7	82.7	17,3
MCH-8	875,3	56,7	93.9	6,1
MCH-9	245,6	289,3	45.5	54,5
MCH-14	273,4	12,2	95.7	4,3
MCH-18	684,0	39,6	94.5	5,5
MCH-22	419,7	539,5	43.6	56,4



**Figura 20.** Diagrama triangular areia fina (fina + muito fina), areia média e areia grossa (grossa + muito grossa) para as amostras de sedimentos inconsolidados e solos do município de Machadinho d'Oeste (amostras: MCH- 4; MCH- 7; MCH-8; MCH-9; MCH-14; MCH-18; MCH-22).

Em função de sua representatividade no contexto do meio físico da área do município, os pontos descritos estão ora como pontos de controle com ou sem registros em fotografias, ora como pontos de amostragem de solo e/ou rocha e/ou sedimento, com registros fotográficos. Neste último caso são os mais representativos e aqui detalhados com interpretações dos dados de campo, granulométricos, mineralógicos e petrográficos. São os pontos: MCH-4, MCH-7, MCH-8, MCH-9, MCH-15, MCH-16, MCH-18 e MCH-22.

#### **a) Ponto MCH – 4**

##### **Elúvio derivado de granito**

No leito da estrada secundária a cerca de 50 km de Oriente Novo, ocorre um elúvio de coloração avermelhado com uma marcante presença de seixos e matações angulares dispersos de quartzo leitoso (Fotografia 6), podendo indicar como rocha original um granito bem diferenciado, como a Suíte Intrusiva Rondônia (neoproterozóico). O material mostra a

predominância de partículas na fração silte+argila (72,4%) em relação à areia (27,6%), com a seguinte mineralogia (Tabela 13): quartzo (70%), grãos de lateritos (17%), opacos (13%), feldspato (traços) e zircão (traços). Mesmo em quantidade considerável de partículas na fração silte+argila, a presença de materiais na fração areia viabiliza a atividade de processos erosivos lineares acelerados quando associados a declives acentuados, como no caso, declive de 27%.



**Fotografia 6.** Seixos de quartzo dispersos no solo (ponto MCH-4). Autora: Fabiana Barbosa Gomes, junho de 2008.

**Tabela 13.** Estimativa macroscópica de porcentagem em volume dos minerais da fração areia. Amostra MCH-4. % areia + % silte + argila = 100%; % areia grossa + % areia média + % areia fina + % areia muito fina = % areia.

CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL	% PESO	MINERAIS (% em volume)					
		Quartzo	Feldspato	Mica	Opacos	Zircão	Fragmentos lateríticos
<b>AREIA</b>	27,6	70	< 1	< 1	13	< 1	17
areia muito grossa	4,1	26	0	0	3	0	71
areia grossa	5,8	58	0	0	38	0	4
areia média	50,1	77	0	0	8	0	15
areia fina	22,2	74	< 1	< 1	16	0	10
areia muito fina	17,8	63	0	0	26	2	9
<b>SILTE + ARGILA</b>	72,4						

## b) Ponto MCH-7

### Aluvião, rio Machadinho

Na Fazenda Santa Maria, porção centro norte do município, o rio Machadinho apresenta uma planície de inundação com largura pouco superior a 100 m e representa um dos polígonos vulneráveis a erosão natural (item 5.1). O material que constitui a planície trata-se de sedimentos aluvionais branco acinzentado, com conteúdos areia, silte+argila de 82,7 % e 17,3%, respectivamente (Tabela 14), evidenciando um bom selecionamento de seus grãos. Entre os grãos da fração areia há um predomínio da areia muito fina e fina (72,4%) em relação a areia grossa (13%), muito grossa (8,7%) e média (5,9%).

Os minerais que compõem o sedimento no total da fração areia é o quartzo (85%), opacos (10%), grãos lateríticos (4%) e zircão (1%), incluindo também traços de feldspato e mica. À medida que se diminui a granulometria de seus grãos no intervalo da fração areia, verifica-se um decréscimo de feldspato e grãos de lateritos, enriquecendo seus teores na fração areia muito fina de opacos (15%) e zircão (2%), mantendo-se o conteúdo de quartzo entre 81 e 93% e traços de mica somente na fração areia média.

**Tabela 14.** Estimativa macroscópica de porcentagem em volume dos minerais da fração areia. Amostra MCH-7. %areia + %silte+argila = 100%; % areia grossa + % areia média + % areia fina + % areia muito fina = % areia.

CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL	% PESO	MINERAIS (% em volume)					
		Quartzo	Feldspato	Mica	Opacos	Zircão	Fragmentos lateríticos
<b>AREIA</b>	82,7	85	< 1	< 1	10	1	4
areia muito grossa	8,7	83	< 1	0	2	0	15
areia grossa	13	93	0	0	2	0	5
areia média	5,9	87	0	< 1	8	0	5
areia fina	19,1	89	0	0	7	0	4
areia muito fina	53,3	81	0	0	15	2	2
<b>SILTE+ARGILA</b>	17,3						

## c) Ponto MCH-8

### Sedimentos indiferenciados cenozóicos

São coberturas sedimentares cenozóicas por vezes lateritizadas, derivadas de leques aluviais, canais fluviais, planícies de inundação e lacustres de idade plio-pleistocênico segundo interpretação de Quadros & Rizzotto (2007). No município esta unidade

estratigráfica possui uma ampla distribuição (próxima a 50%), estando como superfície aplainada cobrindo rochas graníticas da Suites Intrusiva Serra da Providência.

A amostra coletada para análises granulométricas e mineralógicas representa material sedimentar localizado na Fazenda Santa Maria. O material mostra a predominância da fração areia (93,9%) em relação a silte+argila (6,1%). A mineralogia identificada na lupa binocular na fração areia é a seguinte: quartzo (95%), grãos de lateritos (3%), opacos (1%) e feldspato (traços), Tabela 15.

**Tabela 15.** Estimativa macroscópica de porcentagem em volume dos minerais da fração areia. Amostra MCH-8. %areia + %silte+argila = 100%; % areia grossa + % areia média + % areia fina + % areia muito fina = % areia.

CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL	% PESO	MINERAIS (% em volume)					
		Quartzo	Feldspato	Mica	Opacos	Turmalina	Fragmentos lateríticos
<b>AREIA</b>	93,9	96	< 1	0	1	< 1	3
areia muito grossa	8,8	95	0	0	0	0	5
areia grossa	35,7	99	0	0	0	0	1
areia média	39,2	95	0	0	2	0	3
areia fina	11,7	92	0	0	2	0	6
areia muito fina	4,6	78	0	< 1	6	0	16
<b>SILTE+ARGILA</b>	6,1						

#### d) Ponto MCH-9

##### **Arenito arcossiano - Proterozóico**

Afloramento no leito da estrada que liga a RO-133 e a Fazenda Santa Maria. São rochas de granulometria semelhante ao quartzo arenito (MCH-16), também mapeada por Quadros & Rizzotto (2007) como Formação Palmeiral, portanto com diferenças mineralógicas marcada pela presença de feldspato potássico, dando a rocha um aspecto “sujo” com manchas generalizadas nos grãos de quartzo, o que confere a sua alteração para um material sedimentar inconsolidado argiloso rico na fração areia.

Os estudos em seções delgadas evidenciaram a presença de quartzo (80%), microclínio (20%) e traços de opacos e zircão. O tamanho predominante dos cristais varia de 0,2 a 1 mm (90%) e de modo subordinado (10%) inferiores a 0,2 mm.

Os cristais de quartzo estão em contato entre si de modo ora retilíneos ora côncavo convexo e eventuais lobulares, uma orientação geral incipiente e marcante extinção ondulante fraca a moderada. O microclínio ocorre eventualmente como cristais com geminação em grade, são subedrais a anedrais e suas bordas tendem ao arredondamento. Os cristais de opacos e zircão são subedrais a anedrais e estão dispersos.

### e) Ponto MCH-15

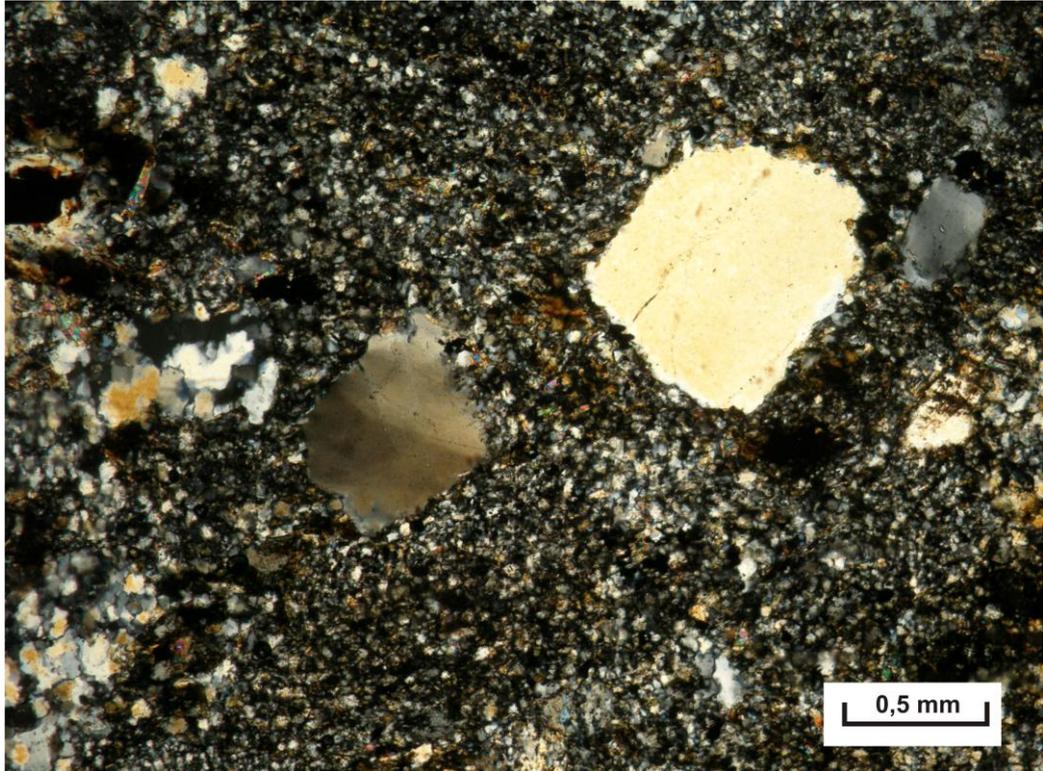
#### **Granitóide - Proterozóico**

Próximo às areias quartzosas brancas, nos trabalhos de campo foi verificada a presença de um afloramento com extensão de 50 m de álcali microgranito porfirítico (Fotografia 7). O manto de intemperismo que recobre a rocha granítica possui coloração avermelhada e espessura inferior a um metro. Trata-se de um material utilizado para recobrimento do leito da estrada com características argilosas o que proporciona a compactação necessária à estrada para o tráfego de veículos.

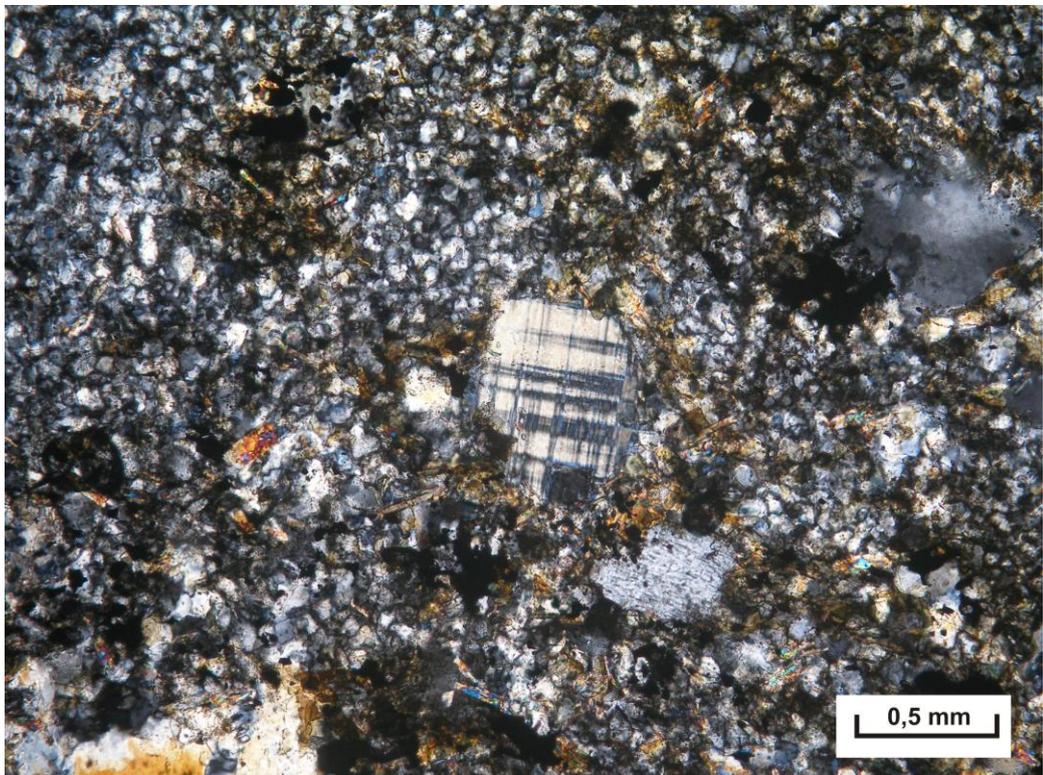
A rocha possui coloração cinza médio, com pontuações esbranquiçadas e fraturas milimétricas descontínuas ou não distribuídas aleatoriamente e preenchidas por um material branco feldspático. A rocha é de estrutura isotrópica, holocristalina, fanerítica muito fina a afanítica, com fenocristais milimétricos a submilimétricos, cinza claro a branco, ripiformes a anedrais irregulares, destacando em uma matriz muito fina de coloração cinza médio (Fotomicrografias 8 e 9).



**Fotografia 7.** Afloramento de microgranito. Local de área de empréstimo para pavimentação de estradas (ponto MCH-15). Autora: Fabiana Barbosa Gomes, junho de 2008.



**Fotomicrografia 8.** Fenocristais de quartzo com extinção ondulante e bordas corroídas (ponto MCH-15). Autor: Vanderlei Maniesi.



**Fotomicrografia 9.** Fenocristais de microclínio e quartzo com bordas corroídas (ponto MCH-15). Autor: Vanderlei Maniesi.

**f) Pontos MCH-16, MCH-17, MCH-18****Paisagem de exceção – Campos Amazônicos**

No limite norte do município de Machadinho d'Oeste a 3,5 km a partir da Vila de Tabajara em direção a Cachoeira Dois de Novembro ocorrem areias quartzosas brancas, onde se inviabilizou o desenvolvimento da floresta ombrófila regional em preferência às savanas do bioma cerrado (pontos MCH-16, MCH-17 e MCH-18). A diminuição do número de espécies lenhosas, particularmente do estrato arbóreo, é considerada por Baruch et al. (1996) como consequência da diminuição de nutrientes essenciais como um dos fatores.

Trata-se de uma paisagem de exceção, conforme a denominação de Ab'Saber (1967), que causa um impacto visual com a floresta ombrófila adjacente. Apresenta-se com forma levemente alongada e alinhada na direção leste-oeste, com uma área próxima a 4 km<sup>2</sup>, distante 800 m em linha reta do rio Machado e distribuída entre os meridianos 8° 55' 30'' e 8° 55' 17'' e paralelos 62° 05' 52'' e 62° 04' 51''.

Representa uma porção dos 876 mil hectares do Parque Nacional dos Campos Amazônicos que teve sua criação baseada na proteção de enclaves de cerrado na Amazônia. O Parque distribui-se no interflúvio Madeira/Tapajós, limite dos estados do Amazonas, Rondônia e Mato Grosso.

Os solos são constituídos pela sequência de horizontes A-C. São altamente lixiviados predominando grãos de quartzo, o que proporciona a baixa capacidade de agregação de partículas. Mostra-se excessivamente arenoso e ligeiramente tinturado por matéria orgânica negra na superfície com até 2 a 3 mm de espessura, decomposta ou em decomposição (Fotografias 10 e 11).

São características de um material com carência geodisponível de elementos químicos necessários para a posterior biodisponibilização de componentes, ou seja, elementos disponíveis para ingestão, inalação ou assimilação por um organismo vivo. Muito embora a biodisponibilidade dos elementos não seja função somente da concentração nos materiais geológicos, a sua concentração representa o limite superior de biodisponibilidade (CORTECCI, 2005).



**Fotografias 10 e 11.** Areias quartzosas brancas com uma finíssima camada cinza escura a negra de solo (material orgânico). Ponto MCH-18. Autora: Fabiana Barbosa Gomes, junho de 2008.

**Fotografias 12 e 13.** Detalhe das areias quartzosas brancas (Fotografia 11), mostrando grãos de quartzo bem seleccionados e arredondados. Ponto MCH-18. Autora: Fabiana Barbosa Gomes, junho de 2008.

Com isto, o quartzo ( $\text{SiO}_2$ ), estando como minerais predominantes (superior a 95%) nas de areias brancas do município de Machadinho d'Oeste, ainda associado a pouca solubilidade da sílica em condições de pH ambientais, como menciona Toledo et al. (2008), é de se prever, neste caso, a impossibilidade de se gerar solos bem desenvolvidos com riqueza de elementos biodisponibilizados.

As análises granulométricas e mineralógicas da amostra MCH-18 revelaram tratar-se de um material essencialmente arenoso, com 94,5% em peso de grãos na fração areia e apenas 5,5% de silte+argila. O bom selecionamento dos grãos também é destacado quando se verifica a marcante predominância de areia fina e muito fina (84,9%) em relação a areia média (9,5%) e areia grossa (0,5%). A estimativa de porcentagem em volume com auxílio da lupa binocular mostrou que os grãos são constituídos por quartzo (99%), opacos (1%) e traços de grãos lateríticos (Tabela 16).

**Tabela 16.** Estimativa macroscópica de porcentagem em volume dos minerais da fração areia. Amostra MCH-18. %areia + %silte+argila = 100%; % areia grossa + % areia média + % areia fina + % areia muito fina = % areia.

CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL	% PESO	MINERAIS (% em volume)		
		Quartzo	Opacos	Fragmentos lateríticos
<b>AREIA</b>	94,5	99	1	< 1
areia muito grossa	0	0	0	0
areia grossa	0,5	100	0	0
areia média	9,1	100	0	0
areia fina	51,1	98	2	< 1
areia muito fina	33,8	96	4	< 1
<b>SILTE+ARGILA</b>	5,5			

O aspecto marcante verificado é a predominância de arredondamentos nas arestas dos grãos angulosos de quartzo distribuídos entre bem arredondados (35%), arredondados (25%) e subarredondados (20%) e os subordinados subangulosos (14%), angulosos (5%) e muito angulosos (1%).

Os grãos de quartzo são predominantemente lisos e polidos, sem manchas superficiais (límpidos), muito embora em raros casos há grãos com manchas avermelhadas generalizadas, principalmente em fraturas conchoidais e outras retilíneas. Estão em proporção ligeiramente maior os tipos brancos transparentes em relação aos brancos leitosos, no entanto há variedades onde ocorrem os tipos transparentes e leitosos num mesmo grão monocristalino (Fotografias 12 e 13).

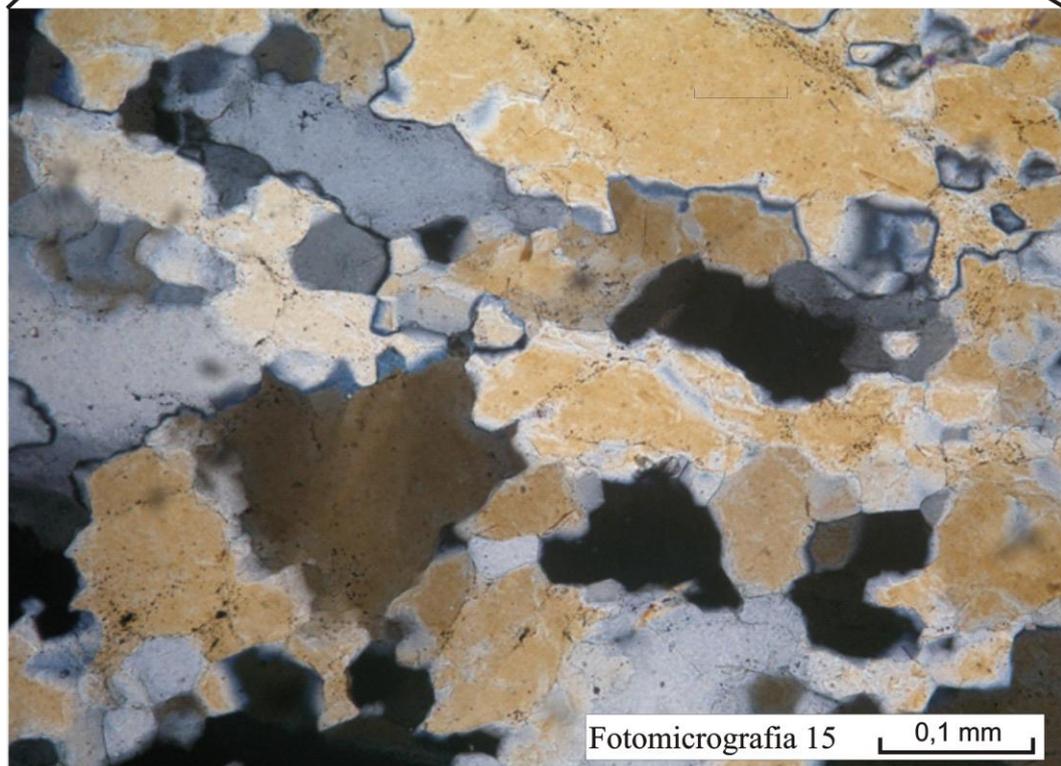
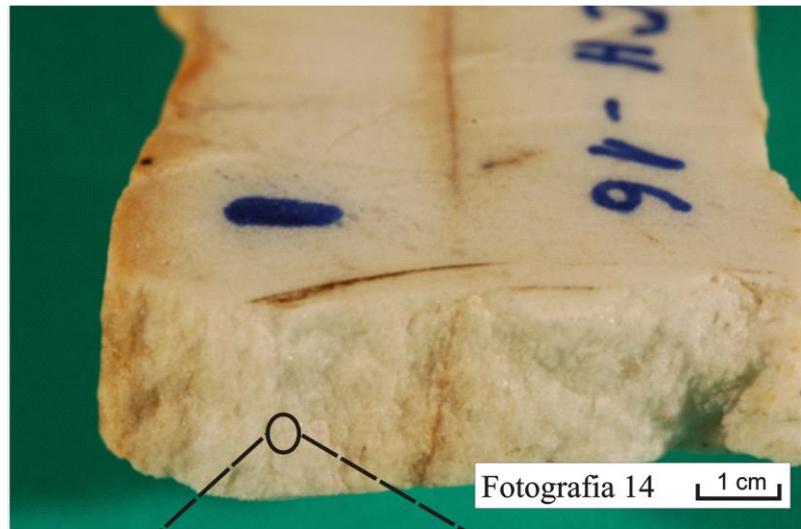
Os grãos de opacos são caracterizados por ilmenita, magnetita e turmalina, ocorrem essencialmente nas frações areia fina e muito fina, exceto quando há minúsculas inclusões primárias (menores que 0,001 mm) de opacos em grãos detríticos de quartzo.

O substrato rochoso da porção da área de estudo onde está instalada paisagem de exceção Campos Amazônicos está mapeada como rochas da Formação Palmeiral por Quadros & Rizzotto (2007), onde foi possível coletar amostras de rocha desta unidade geológica, como possível representante da rocha original das areias quartzosas brancas. São blocos dispersos de rocha de coloração branca intensa e de aspecto arenoso fino (ponto MCH-16, Fotografia 14), onde a análise em seção delgada junto ao microscópio petrográfico mostrou tratar-se de um quartzo arenito. Apresenta-se com 98% de quartzo, 1% de opacos, 1% de sericita e traços de zircão.

As análises microscópicas revelaram que os cristais do quartzo arenito estão orientados de modo incipiente com tamanhos predominante entre 0,1 e 0,5 mm, com eventuais cristais com diâmetro de 1 mm e quantidade também significativa menores que 0,1 mm.

Os cristais de quartzo possuem contatos retos e côncavo/convexos, bem suturados. Exibem orientação preferencial e extinção ondulante moderada a forte, tendendo a formar subgrãos (Fotomicrografia 15). Feições de crescimento secundário são observadas como auréolas mais límpidas no entorno de grãos de quartzo, reduzindo a porosidade primária remanescente da diagênese, o que proporciona uma redução de poros, conferindo ao arenito um aspecto metamórfico. Exibem a mesma orientação ótica dos grãos de quartzo, em função da tendência termodinâmica dos íons de sílica precipitar segundo a estrutura cristalina do grão hospedeiro (PITTMAN, 1972). A origem da sílica secundária do sobrecrescimento de grão de quartzo pode estar relacionada a dissolução por pressão intergranular (SIBLEY & BLATT, 1976).

As areias quartzosas brancas, portanto, podem representar um material original formado de antigos depósitos fluviais constituídos de areias quase puras, provenientes da desagregação de rochas neoproterozóicas da Formação Palmeiral, ou seja, funcionaram inicialmente como superfícies da deposição de sedimentos. Atualmente essas áreas encontram-se em posição interfluvial, de modo que representam áreas dispersoras de drenagem, o que demonstra uma inversão no comportamento do relevo do tempo em que o



**Fotografia 14.** Quartzo arenito da Formação Palmeiral. Ponto MCH-16. Autora: Fabiana Barbosa Gomes, junho de 2008.

**Fotomicrografia 15.** Detalhe da Fotografia 14. Sobrecrescimento de cristais de quartzo (ponto MCH-16). Autor: Vanderlei Maniesi.

nível topográfico da região era mais baixo, levando a sugerir soerguimentos regionais ainda no Quaternário.

São evidências de feições associadas a evolução geomorfológica da paisagem, sob a influência de variações locais das condições hidrográficas e sedimentares, locais ou regionais da topografia (tectônica) responsáveis pelo abastecimento do material arenoso fluvial que associado aos fatores tempo geológicos e bióticos, representam atualmente uma biodiversidade adaptada em um suporte de areias quartzosas brancas de Machadinho d'Oeste. São eventos geológicos e geomorfológicos que podem ter ocorrido no Pleistoceno, em função da posição interfluvial das areias brancas de Machadinho d'Oeste.

#### **g) Ponto MCH-22**

##### **Sedimentos indiferenciados cenozóicos**

No extremo oeste do município, na estrada RO-205, entre Machadinho d'Oeste e Cujubim, ocorrem sedimentos indiferenciados cenozóicos (QUADROS & RIZZOTTO, 2007), caracterizados nos trabalhos de campo como material coluvionar possivelmente derivado de arenitos da Formação Palmeiral. Neste caso específico foram descritas incisões erosivas lineares mais significativas associadas a corte de estrada na área de estudo (item 5.3).

O material sedimentar argiloso rico em areia é constituído de proporções ligeiramente maior da fração silte+argila (56,4%) em relação a fração areia (43,6%), sendo que na areia predomina as frações areia muito grossa e grossa (71,3%).

Na fração areia são identificados na lupa binocular grãos com grau de arredondamento anguloso (45%), subanguloso (30%) e subarredondado (23%), constituídos por quartzo (72%), grãos lateríticos (16%), moscovita (10%), opacos (2%) e zircão (traços), Tabela 17.

Os grãos de quartzo transparentes sobrepõem em quantidade aos leitosos. Seu grau de arredondamento é ruim e ocorrem grãos achatados (oblatos), lembrando a forma original de material de preenchimento autógeno, agora desagregado. Estão muitas vezes com manchas avermelhadas generalizada e possuem agregados pulverulentos lateríticos associados nos grãos das frações de areia muito grossa e grossa persistentes ao transporte.

Os opacos estão presentes como grãos isolados nas frações menores que 0,5 mm, ou como finas inclusões primárias em grãos de quartzo, ou mesmo como pontuações nos grãos de lateritos, juntamente com finos grãos arredondados de quartzo. A moscovita ocorre em frações mais finas que 0,25 mm como partículas laminares límpidas angulosas a subangulosas.

**Tabela 17.** Estimativa macroscópica de porcentagem em volume dos minerais da fração areia. Amostra MCH-22. %areia + %silte + argila = 100%; % areia grossa + % areia média + % areia fina + % areia muito fina = % areia.

CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL	% PESO	MINERAIS (% em volume)				
		Quartzo	Mica	Opacos	Zircão	Fragmentos lateríticos
<b>AREIA</b>	43,6	72	10	2	< 1	16
areia muito grossa	47,9	84	0	0	0	16
areia grossa	23,4	83	0	0	0	17
areia média	7,3	68	0	2	0	30
areia fina	5,9	57	20	3	0	20
areia muito fina	15,5	28	55	8	2	7
<b>SILTE+ARGILA</b>	56,4					

### 5.3. EROSIÃO INDUZIDA ACELERADA EM MACHADINHO D'OESTE

No município de Machadinho d'Oeste o processo intenso de antropização ocorrido nos últimos anos, tem proporcionado condições para ajustes morfodinâmicos na paisagem em função da substituição da cobertura vegetal natural por cultivos agrícolas e, atualmente, em sua maior parte, por pastagens. Nesses ajustes estão associados os processos erosivos induzidos acelerados e, em situações erosivas mais evoluídas, têm ocasionado o surgimento de voçorocas ativas desconectadas em cortes de estrada com transporte significativo de materiais inconsolidados.

São voçorocas que ocorrem em áreas caracterizadas como de vulnerabilidade natural à erosão moderadamente estável (MCH-4, MCH-5, MCH-9, MCH-12, MCH-16, MCH-19, MCH-20, MCH-22, MCH-23 e MCH-24) e moderadamente estável vulnerável (MCH-10 e MCH-21), como mostra o modelo numérico no item 5.1 que prevê as estabilidades e instabilidades naturais a erosão. Neste item 5.3 são avaliadas as modificações dos resultados da vulnerabilidade à erosão natural com a atividade antrópica associada.

Com os trabalhos de campo foi possível verificar a ocorrência desses processos erosivos induzidos acelerados em áreas de pastagem e em cortes de estradas.

#### 5.3.1. Processos erosivos em pastagem

A pecuária é a principal atividade de uso e ocupação do solo na área de estudo. Com a retirada da cobertura vegetal natural para a sua implantação, o solo fica exposto à ação direta de águas pluviais e com o aumento da velocidade de fluxos de água, há um incremento de sua

potencialidade erosiva. A situação contribui para a atuação da erosão laminar que além da retirada dos nutrientes do solo, também viabiliza a erosão linear, evoluindo para incisões significativas que contribuem para desestabilizar o terreno e a carrear sedimentos para os canais de drenagem. Esta dinâmica erosiva é mais efetiva em terrenos colinosos onde a rampa de declive é mais acentuada, como identificada nos pontos MCH-5, MCH-23 e MCH-24. Nestes pontos o relevo suavemente ondulado a colinoso não foi suficiente para evitar a erosão por meio do fluxo linear e para manter estáveis os materiais inconsolidados. Com isso, a desestabilização do terreno na forma de ravinas (Fotografia 16), bem como de sulcos e escalonamento de material de encosta (Fotografias 17 e 18), é proporcionada pela carência de cobertura vegetal e pisoteio do gado em relevo colinoso.



**Fotografia 16.** Presença de ravinamento na encosta com pastagem. Ponto MCH-5. Autora: Fabiana Barbosa Gomes, junho de 2008.



**Fotografia 17.** Pisoteio do gado e degradação do canal de drenagem. Ponto MCH-5. Autora: Fabiana Barbosa Gomes, junho de 2008.



**Fotografia 18.** Detalhe do escalonamento e sedimentos carreados para o canal através de sulcos. Ponto MCH-24. Autora: Fabiana Barbosa Gomes, junho de 2008.

### 5.3.2. Processos erosivos em estradas

No município de Machadinho d'Oeste a malha viária é densa nas áreas ocupadas por propriedades rurais, sendo constituída por estradas não pavimentadas carecendo de obras de engenharia que possam corrigir ou minimizar as concentrações e fluxos de águas pluviais.

A atuação significativa de processos erosivos no município é verificada nas proximidades e ao longo das rodovias estaduais, ou seja, em áreas com maior incidência de antropização como nas rodovias RO-133, RO-205 e RO-257 e nas linhas que as cortam.

Nos cortes de estrada em áreas colinosas do município ocorrem processos erosivos acelerados associados ao transporte de partículas pelo escoamento de águas pluviais, sobretudo em encostas com rampas mais longas e íngremes. Desta forma, estabelecem-se sulcos e ravinas, bem como também, em casos de erosão mais avançada, as voçorocas de diferentes profundidades e extensão variadas (Tabela 18), o que causa perdas de materiais inconsolidados para partes mais baixas onde frequentemente se encontram os canais de drenagem.

**Tabela 18.** Características das voçorocas estudadas do município de Machadinho d'Oeste.

PONTOS	EXTENSÃO DA RAMPA (m)	PROFUNDIDADE (m)	LARGURA (m)	INCLINAÇÃO DA RAMPA (graus)	DECLIVIDADE (%)
MCH-4	70	1,3	1,5	15	27
MCH-9	70	1	1	10	19
MCH-10	200	3	5,2	15	27
MCH-12	120	1,4	1,8	5	9
MCH-16	60	1	6,2	10	17
MCH-21	90	1,3	2,2	12	21
MCH-22	80	7	5	10	19

#### a) Rodovia Estadual RO-133

Na rodovia não pavimentada que liga o centro urbano de Machadinho d'Oeste e a Cachoeira Dois de Novembro (RO-133) foram avaliados os pontos com voçorocas instaladas em materiais sedimentares derivados de granitóides (MCH-12) e arenitos a Formação Palmeiral (MCH-16).

São voçorocas com profundidades de 1 a 1,4 m e larguras de até 6,2 m e declive de 9 a 17% (Tabela 18). Pedestais são identificados nas paredes da voçoroca como feição erosiva de destaque no ponto MCH-16, norte da área de estudo. São esculpido como formas residuais através da ocorrência de salpicamento e também pela remoção das partículas pelo escoamento

superficial, pois o material que as contornam é removido através de sua densidade (grânulos e seixos), permanecendo, então, as formas de pedestais (Fotografias 19 e 20).



**Fotografias 19 e 20.** Pedestais com seixos nas extremidades. No detalhe nota-se a presença de materiais inconsolidados de diferentes granulometrias e coloração variada. Ponto MCH-16. Autora: Fabiana Barbosa Gomes, junho de 2008.

#### **b) Rodovia Estadual RO-205**

Esta rodovia não pavimentada liga as cidades de Machadinho d'Oeste e Cujubim, situada na porção central e centro oeste do município de Machadinho d'Oeste, onde foram identificadas voçorocas nos pontos MCH-10, MCH-21 e MCH-22, associadas a sedimentos inconsolidados cenozóicos. No caso do ponto MCH-10, a voçoroca possui lateritas sotopostas aos sedimentos inconsolidados cenozóicos, sendo reconhecidas fraturas com direções aleatórias. Exibe como dimensões máximas a profundidade de 3 m, largura de 5,2 m, comprimento chegando a 200 m e declive de 27% (Tabela 18). As feições erosivas associadas a voçoroca são alcovas de regressão, marmitas, costelas, depressões e dutos.

As alcovas de regressão configuram indicativos da fase ativa da voçoroca e ações erosivas remontantes (Fotografia 21). São formadas pelos fluxos lineares ocasionado pela queda de material, gerando novos caminhos de erosão dentro da voçoroca, que aumenta sua largura e profundidade com o tempo. Podem ser esculpidas tanto pelo escoamento superficial

na forma de filetes subverticais, quanto pela exfiltração do lençol freático, ou ainda, pela combinação desses dois mecanismos (OLIVEIRA, 2005).

As marmitas são feições arredondadas que se originam a partir da atuação de erosão por queda de água pluvial com abrasivos arenosos, causando movimentos circulares que removem o material com facilidade (Fotografia 22).

As costelas e depressões estão expostas ao longo das paredes da voçoroca como feições associadas às águas pluviais. Exibem feições semelhantes a escamas por removerem material superficial menos resistente através da água que escorre pelas suas paredes.

Os dutos servem de passagem para água oriunda da superfície da encosta e pode ser considerada como uma das principais causas do avanço da incisão (Fotografia 23). De acordo com Oliveira (2005), os dutos podem ser formados por movimentos translacionais profundos, por tração nas bordas da incisão ou por expansão. Em todo caso, sua gênese está associada às quedas de águas pluviais.



**Fotografia 21.** Presença de alcovas de regressão dentro do canal principal. A água que erode as paredes da incisão para o seu interior ainda permanece no local. Ponto MCH-10. Autora: Fabiana Barbosa Gomes, junho de 2008.



**Fotografia 22.** Presença de marmitas ou panela instaladas nos degraus do interior da incisão e a presença de água nessa feição, ratificando sua participação no processo erosivo. Ponto MCH-10. Autora: Fabiana Barbosa Gomes, junho de 2008.



**Fotografia 23.** Duto formado no interior da voçoroca e preenchido por sedimentos. Ponto MCH-10. Autora: Fabiana Barbosa Gomes, junho de 2008.

No ponto MCH-22 encontra-se instalada a voçoroca mais significativa na área de estudo no que diz respeito às suas características, ou seja, sua base encontra-se a aproximadamente 50 cm do nível do freático, profundidade e largura máximas de 7 m e 5 m, respectivamente, e extensão de 80 m (Tabela 18 e Fotografias 24 e 25). Está inserida em um terreno de relevo colinoso associado a sedimentos inconsolidados cenozóicos, possivelmente derivado de desintegração de arenitos da Formação Palmeiral. Mesmo estando localizada logo a montante da drenagem e assoreando-a, a voçoroca do ponto MCH-22 trata-se de uma incisão erosiva do tipo desconectada, segundo a classificação adotada por Oliveira & Méis (1985) e Bocco (1991).

A rampa convexa coletora configurada pelo leito da estrada exhibe declividade de 17%, proporcionando o escoamento superficial mais efetivo e o processo erosivo mais agressivo no local. Com o transporte de partículas para as partes laterais mais baixas da rampa, no corte perpendicular à estrada, o fluxo retilíneo da água pluvial tende a passar pelo mesmo caminho, ocorrendo a formação de sulcos e, na seqüência, evolui para voçoroca.

A evolução é sugerida pela natureza friável do material constituído de proporções ligeiramente maior (56%) da fração silte+argila em relação a fração areia (44%) e na fração areia predominam as frações areia muito grossa e grossa (71%). Estas características texturais conferem ao material sedimentar características de baixa coesão entre seus grãos que são mal selecionados e de elevada porosidade. No caso da porosidade Vilar (1979) destaca efeitos de colapsos em taludes com a brusca redução do índice de vazios quando inundados, sem o aumento de cargas aplicadas.

Os mencionados colapsos de taludes iniciam-se com reduções de tensões provocadas na cabeceira (montante) e nas margens laterais da voçoroca. Configuram rupturas (trincas) associadas a alívio de pressões dispostas ora paralela às margens ora perpendicular à cabeceira (Fotografia 26). Nessas rupturas ocorre a penetração de água pluvial, diminuindo a resistência do material junto a ruptura, o que provoca instabilidade com posterior queda de porções de material sedimentar e conseqüente expansão da voçoroca (Fotografia 25). Trata-se de uma feição erosiva ativa por apresentar mecanismos erosivos atuando no aumento de seu tamanho e com a presença de material disponível na encosta, segundo a classificação sugerida por Oka-Fiori & Soares (1976).



**Fotografia 24 e 25.** Voçoroca de maior largura e profundidade da área de estudo. RO-205. Ponto MCH-22. Autora: Fabiana Barbosa Gomes, junho de 2008.



**Fotografia 26.** Feições de alívio de pressões com fraturas laterais e perpendiculares à voçoroca, bem como forma retangular em sua cabeceira e rebaixamento de porções de materiais inconsolidados em forma de degraus. Ponto MCH-22. Autora: Fabiana Barbosa Gomes, junho de 2008.

São constatadas cavidades circulares decimétricas no interior da voçoroca com profundidades inferiores a 20 cm geradas pela própria água pluvial e abrasivos arenosos com movimentos circulares. Tratam-se de marmitas identificadas por diversos autores em outras áreas com feições erosivas, como por exemplo, em Oliveira (2005). A queda de torrões é outra feição verificada no ponto MCH-22, referindo-se a materiais que se desprendem da parede e depositam-se no interior da voçoroca. Correspondem a movimentos de massa associados ao solapamento da base de taludes e ao desprendimento de material ao longo de fendas de tração, como menciona Oliveira (2005).

O perfil longitudinal da voçoroca é caracterizado pelo seu leito em forma de U e paredes ora retilíneas ora com saliências e depressões provocados por quedas de materiais inconsolidados. São observadas partículas na fração predominantemente siltico-argilosa arrastadas pela ação da água, proporcionando a diminuição da capacidade de infiltração de água pela diminuição dos espaços vazios entre os grãos. Este processo favorece à formação de uma crosta de aproximadamente 1 a 2 mm de espessura, que quando seca, se torna impermeável e prejudica a infiltração de água. O processo denominado de selamento por Pruski et al. (1993), favorece para que a superfície do solo se impermeabilize após as primeiras ocorrências de chuva, o que contribui para a geração de processos erosivos pelo aumento do escoamento superficial.

### **c) Estradas secundárias**

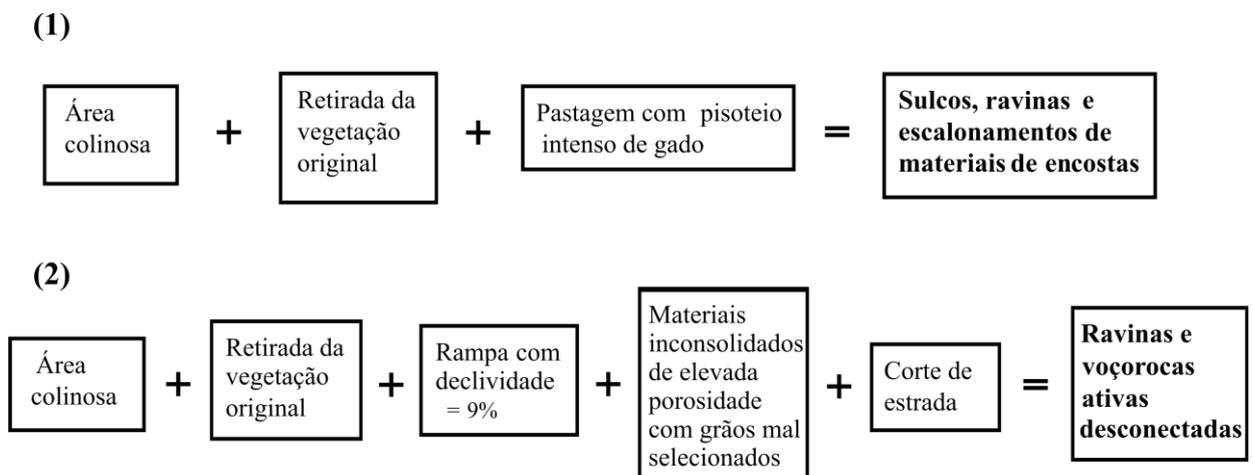
Há cerca de 50 km de Oriente Novo (Linha T 05, ponto MCH-4), ocorre um elúvio de coloração avermelhado exibindo uma predominância de partículas na fração silte+argila (73,2%) em relação à areia (27,6%), e com uma marcante presença de seixos e matacões angulosos dispersos de quartzo leitoso. Encontra-se presente uma voçoroca com seu fundo em forma de U contendo sedimentos associados e a vegetação começa a cobrir a incisão. Apresenta as seguintes medidas máximas: profundidade de 1,3 m, comprimento de 70 m e declive de 27% (Tabela 18). Por outro lado, na linha LJ 7A, ponto MCH-9, estrada de acesso a Fazenda Santa Maria, é identificada uma voçoroca com profundidade máxima de 50 cm, largura de até 90 cm e declividade do terreno é de 17% (Tabela 18). A incisão propiciou o afloramento de arenitos arcóseos em seu leito, compatíveis com as rochas pertencentes à Formação Palmeiral.

### 5.3.3. Controle das formas erosivas induzidas aceleradas em Machadinho d'Oeste

No município de Machadinho d'Oeste a substituição da vegetação original em áreas colinosas atualmente por pastagem com pisoteio intenso do gado favoreceu o surgimento de sulcos, ravinas e escalonamentos de materiais de encosta. Em áreas onde há cortes de estrada com declividade  $\geq 9\%$ , associado com material inconsolidado de baixa coesão entre seus grãos mal selecionados e de elevada porosidade, possibilitam a presença de ravinas e voçorocas. São feições erosivas induzidas aceleradas ativas, indicando que o sistema ambiental não teve tempo suficiente para se reequilibrar, ou seja, encontra-se em fase de ajuste morfodinâmico em função da mudança da dinâmica das águas pluviais que geram o transporte de materiais inconsolidados por fluxo de água pluvial para áreas mais rebaixada.

No caso das incisões erosivas mais evoluídas (voçorocas) são geradas rupturas associadas a alívio de pressões onde corre a penetração de águas pluviais e diminuição da resistência do material inconsolidado, provocando instabilidade com queda de material e conseqüente expansão da voçoroca. Com isso, elas se alargam e se aprofundam de montante para jusante, sendo que sua seqüência evolutiva ocorre à montante com a retirada de material da cabeceira.

Portanto, o controle das formas erosivas em Machadinho d'Oeste (Figura 21) mostra-se condicionado pela retirada da vegetação original com (1) ação conjunta do relevo e resultados de atividades antrópicas (pastagem) para o caso de sulcos, ravinas e escalonamentos de materiais de encosta; e (2) com ação conjunta do relevo, natureza do material envolvido e resultado de atividades antrópicas (cortes de estradas) para o caso das formas de erosão mais evoluídas (voçorocas ativas desconectadas).



**Figura 21.** Controle das formas erosivas no município de Machadinho d'Oeste, relacionadas a (1) pastagem e (2) cortes de estrada.

## CONCLUSÕES

O histórico de ocupação do município de Machadinho d'Oeste influenciou de forma decisiva a sua configuração territorial e está relacionada com os usos do solo, onde há interferência direta com suas unidades de paisagem natural e capacidade de suporte de seus recursos naturais. Os usos do solo adotados no município têm proporcionado rupturas no equilíbrio natural da paisagem que tende a se reequilibrar, ou seja, está em fase de ajuste morfodinâmico em função da mudança da dinâmica das águas pluviais. Diferentes tipos e intensidades de erosão induzida acelerada e assoreamentos generalizados dos igarapés, rebaixamento do lençol freático local e regional e alterações do regime fluvial dos rios, são os processos atuantes para a remodelagem da paisagem natural do município de Machadinho d'Oeste.

Os estudos prévios de topografia e pedologia realizados para o assentamento Machadinho, na década de 1980, como tentativa de distribuição de lotes rurais diferenciados dos assentamentos anteriores em Rondônia, não garantiram a sustentabilidade da propriedade no que diz respeito a produção agrícola e manutenção do meio ambiente, ou seja, a questão ambiental gerou problemas sociais para serem avaliados e resolvidos de forma integrada.

A análise sistêmica da paisagem mostrou que a classe mais representativa de vulnerabilidade natural à erosão no município de Machadinho d'Oeste é a classe moderadamente estável (67,73%). A classe medianamente estável vulnerável (27,65%) se configura em áreas antropizadas. Essas duas classes com vulnerabilidade mediana quando somadas suas porcentagens representam 95,38% da área do município, indicando que a atuação dos processos morfogenéticos e pedogenéticos se equivalem. As áreas de vulnerabilidade mediana têm cedido lugar a processos erosivos pela substituição da vegetação original. Em áreas colinosas ocupadas por pastagem e com pisoteio intenso do gado favoreceram o surgimento de sulcos, ravinas e escalonamentos de materiais de encosta. Em cortes de estrada com declividade superior ou igual 9% associados com material inconsolidado de baixa coesão entre seus grãos mal selecionados, e de elevada porosidade, possibilitam o desenvolvimento de ravinas e voçorocas ativas desconectadas, chegando a profundidade máxima de 7 m e a 0,5 m do lençol freático.

As classes de vulnerabilidade natural a erosão mais instáveis ocorrem em 4,62% da área do município. São porções altamente suscetíveis aos processos de degradação ambiental em função da facilidade da ocorrência de processos erosivos acelerados, localizadas nas

planícies fluviais do rio Machadinho e em terrenos alagados com cobertura vegetal do tipo Formação Pioneira no noroeste do município.

As unidades de conservação de Machadinho d'Oeste têm contribuído para a manutenção da vegetação natural, no entanto vêm sofrendo pressão antrópica sobre seus recursos naturais. Várias unidades possuem estradas dentro de seus limites e agregam os diversos efeitos desta ação.

A manutenção das unidades de conservação, incluindo o Parque Nacional Campos Amazônicos, são de significativa importância na manutenção do equilíbrio ambiental local e regional. Os Campos Amazônicos na área de estudo possuem um índice de vulnerabilidade considerável (2,68) e são constituídos por sedimentos provenientes de quartzos arenitos, onde predomina a fração areia (94,5%), grãos bem selecionados na fração areia fina (84,9%) e com uma mineralogia a base quartzo (99%). Esse contexto de carência de nutrientes essenciais geodisponibilizados e biodisponibilizados inviabilizou o desenvolvimento natural da floresta ombrófila regional em preferência às savanas. A diminuição do número de espécies lenhosas configura uma paisagem de exceção que causa um impacto visual com a floresta ombrófila adjacente.

Nos materiais naturais que compõem os sedimentos e solos analisados do município, há o predomínio de grãos de quartzo em todas as amostras analisadas (70% a 99%). A porcentagem da fração areia encontra-se acima de 80% em áreas com grau de vulnerabilidade à erosão intermediária. Desta forma, são materiais que possuem baixa capacidade de retenção da umidade e que junto aos processos de desmatamento facilitam a remoção, transporte e deposição destes materiais em outro local, causando alterações na morfodinâmica da área.

Para o controle dos processos de degradação associados às pastagens a revegetação das áreas de topos de morros e ao longo dos rios é uma das primeiras medidas a serem adotadas. Para as voçorocas em cortes de estrada nota-se a necessidade de recuperação e controle da área afetada por processos erosivos com investimentos em infra-estrutura de drenagem corrente superficial das estradas do município.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER, A.N. **Problemas geomorfológicos da Amazônia Brasileira**. In: LENT, H. (ed.). Atas do Simpósio sobre a Biota Amazônica. Conselho Nacional de Pesquisas, Rio de Janeiro, v.1, p.35-67, 1967.

AMORIM, C.C. Discutindo o conceito de região. **Revista Estação Científica Online**. Juiz de Fora, n.4, 2007. Disponível em: <http://www.jf.estacio.br/revista/edicao4/ARTIGOS/EC04%20CONCEITODEREGIAO.pdf>  
Acesso em: 8 março de 2009.

ALMEIDA, C.M.V.C.; SOUZA, V. F.; LOCATELLI, M.; COSTA, R.S. C.; VIEIRA, A.H.; RODRIGUES, A.N.A.; COSTA, J.N.M.; ASHARAM, C.P.S.; VENEZIANO, W.; JÚNIOR, R.S.M. **Sistemas agroflorestais como alternativa auto-sustentável para o estado de Rondônia. Histórico, aspectos agronômicos e perspectivas de mercado**. Porto Velho: PLANAFLORO, PNUD, 1995.

ARAÚJO, G.H.; ALMEIDA, J.R.; GUERRA, A.J.T. **Gestão ambiental de áreas degradadas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

BACK, P. **How nature works, the science of self-organized criticality**. Oxford University Press, 1997.

BAESSO, D.P.; GONÇALVES, F.R.L. **Estradas rurais – técnicas adequadas de manutenção**. Florianópolis-SC; Departamento Estadual de Infra-estrutura, 2003.

BARBOSA, C.C.F. **Álgebra de mapas e suas aplicações em sensoriamento remoto e geoprocessamento**. Dissertação de Mestrado. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1997.

BARUCH, Z.; BELSKY, J.A.; BULLA, L.; FRANCO, C.A.; GARAY, I.; HARIDASAN, M.; LAVELLE, P.; MEDINA, E.; SARMIENTO, G. **Biodiversity as regulador of nergy flor, water use and nutrient cycling in savannas**. In: SOLBRIG, O.T.; MEDINA, E.; SILVA, J. (Ed). Biodiversity and savanna ecosystem process. Berlin: Springer-Verlag, p.176-194, 1996.

BATISTELLA, M.; BRONDIZIO, E. **Uma estratégia integrada de análise e monitoramento de assentamentos rurais na Amazônia**. In: GIS BRASIL 2001: SHOW DE GEOTECNOLOGIAS, 7, Curitiba. **Anais**, FatorGis-Selper, 2001. Disponível em: <http://www.gisbrasil.com.br>. Acesso em: 26 julho, 2001.

BECKER, B.K. **Amazônia**. Ática: São Paulo, 1998.

BECKER, B.K. Geopolítica da Amazônia. **Estudos Avançados**, n.53, v.119, 2005. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-40142005000100005](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142005000100005). Acesso em: 25 de julho de 2009.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 5ª ed. São Paulo: Ícone, 2005.

BOCCO, G. Gully erosion: processes and models. **Progress in physical geography**. 15, 4. p.392-406, 1991.

BRANDÃO JR. A.; SOUZA JR. C. **Desmatamento nos assentamentos de reforma agrária na Amazônia**. O Estado da Amazônia, n.7 Junho de 2006. Belém: AMAZON. Disponível em: [www.imazon.org.br](http://www.imazon.org.br). Acesso em 15 de março de 2009.

CÂMARA, G. Modelos, linguagens e arquiteturas para banco de dados geográficos. São José dos Campos. Tese de Doutorado, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, 1995.

CÂMARA, G.; DAVIS, C; MONTEIRO, A. M. **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2004. Disponível em: [www.dpi.inpe.br/gilberto/livros.html](http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livros.html). Acesso em: 26 de abril de 2007.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, C.B.; CASANOVA, M.A.; HEMERLY, A.; MAGALHÃES, G. **Anatomia de sistemas de informação geográfica**. Escola de Computação. São José dos Campos: SBC, 1996. Disponível em: [www.dpi.inpe.br/gilberto/livros.html](http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livros.html). Acesso em: 30 de abril de 2007.

CHELLY, R.; MANIESI. V. **Vulnerabilidade à erosão no município de Rio Branco, Acre: aplicação de técnicas de geoprocessamento**. In: Seminário internacional Amazônia e fronteiras do conhecimento, Núcleo de altos estudos amazônicos - NAEA/UFGA, Belém, 17pp., 2008.

CORTECCI, G. **Geologia e saúde**. Tradução Wilson Scarpelli. PGAGEM. São Paulo. Disponível em: [www.cprm.gov.br/pgagem/geosaude.pdf](http://www.cprm.gov.br/pgagem/geosaude.pdf). Acesso em 20 de outubro de 2005.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S.; AZEVEDO, L.G.; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T.G.; DUARTE, V. **Curso de sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento ecológico-econômico**. São José dos Campos: INPE, 1996.

CRUZ, O. Sobrevãos no Território de Rondônia, norte de Mato Grosso e sul do Pará e Amazonas. Belém, Projeto RADAM (Relatório Interno RADAM, 1-GM), 1974.

DE PLOEY, J. Runoff and rill generation on sandy and loamy topsoils. **Z. Geomorph.** N.F., 46, 15-23, 1983.

EMBRAPA. **Sustentabilidade agrícola na Amazônia. 23 anos de monitoramento da agricultura em Machadinho d'Oeste**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2009. Disponível em: <http://www.machadinho.cnpm.embrapa.br/>. Acesso em 21 de junho de 2009.

FAO. **Watershed management field manual: road design and construction in sensitive watersheds**. Rome, 1989.

FEARNSIDE, P.M; LAURANCE, W.F. O futuro da Amazônia: os impactos do Programa Avanço Brasil. **Ciência Hoje**, n.182, v.31, p.61-65, 2002.

FILHO, G.A.S. Toponímia de Rondônia. **Revista Brasileira de Geografia/IBGE**, v.57, n.3. Rio de Janeiro: IBGE, 1995.

FONTANA, C.R. **O efeito do nivelamento de estradas florestais na produção de sedimentos**. Dissertação de Mestrado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiros, Piracicaba, 2007.

FORMAN, R.T.T.; ALEXANDER, L.E. Road and treir major ecological effects. **Annual Review of Ecology and Systematic**. Palo Alto , v.29, p.207-231, 1998.

GARCIA, A.R.; MACHADO, C.C.; SILVA, E.; SOUSA, A.P.; PEREIRA, R.S. Volume de enxurrada e perda de solo em estradas florestais em condições de chuva natural. **Revista Árvore**. Viçosa, v.27, n.4, 2003.

GUERRA, A.J.T. O início do processo erosivo. In: **Erosão e conservação dos solos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 6<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. **Geomorfologia e meio ambiente**. Antonio José Teixeira Guerra e Sandra Baptista da Cunha (organizadores) 6<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

GONÇALVES, F.R.L. Conservação dos solos. In: **Conservação e cultivo dos solos para plantações tropicais**. Piracicaba-SP, IPEF, p.47-129, 2002.

GUCINSKI, H.; FURNISS, M.J.; ZIEMER, R.R.; BROOKS, M.H. Forest road: **A sinthesis of scientific information**, Portland, Oregon: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. General Technical Report PNW- GTR 509, 2001.

HOFFMAN, P.F. Did the breallcout of Laurentia turn Gondwanaland inside-out? **Science**, 2552: 1409–1412, 1991.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades@** Disponível em: [www.ibge.gov.br/cidadesat/](http://www.ibge.gov.br/cidadesat/). Acesso em 20 de abril de 2007.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades@** Disponível em: [www.ibge.gov.br/cidadesat/](http://www.ibge.gov.br/cidadesat/). Acesso em 10 de novembro de 2008a.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Contagem da população 2007. Rondônia e municípios**. IBGE, 2008b.

KLOOSTERMAN, J.B. A tin province of the nigerian type in southern Amazônia. In: **Technical conference on tin, London**, 1967. Int. Tin Council 2, 381-400, 1968.

KOHLHEPP, G. Conflitos de interesse no ordenamento territorial da Amazônia Brasileira. **Estudos Avançados**, n.45, v.16, 2002. Disponível em: <http://www.iea.usp.br/iea/revista/>. Acesso em: 25 de julho de 2007.

LIMA, M.S.B.; MAY, P.H.A Expansão da fronteira agrícola no sul do Amazonas e sua relação com o incremento do desmatamento nas áreas de cerrados e campos naturais. VI - Encontro Nacional da ECOECO, Brasília-DF, 2005.

MACHADO, R.B.; AGUIAR, L.M.S. Desmatamento na Amazônia e conseqüências para a biodiversidade. In: **Causas e dinâmica do desmatamento da Amazônia**, Brasília: MMA, 2001.

MANGABEIRA, J.A.C.; ROMEIRO, A.R.; AZEVEDO, E.C.; ZARONI, M.M.H. **Tipificação de sistemas de produção rural: a abordagem da análise de correspondência múltipla em Machadinho d'Oeste-RO**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 30p. Circular Técnica, 8, 2002.

MANIESI, V. **Petrologia das rochas anfíbolíticas das regiões de Adrianópolis, Campo Largo e Rio Branco do Sul**. Tese de Doutorado, UNESP, São Paulo, 215pp., 1997.

MANIESI, V.; OLIVEIRA, M.A.F. **Petrologia das soleiras de diabásio de Reserva e Salto do Itararé/PR**. Geochimica Brasiliensis. 11(2):153-169, 1997.

MANIESI, V.; OLIVEIRA, M.A.F. **Metabasitos com afinidades dos basaltos komatiíticos: região de Rio Branco do Sul-PR**. Revista Brasileira de Geociências, 32(2):163-168, 2002.

MARGULIS, S. **Quem são os agentes dos desmatamentos na Amazônia e por que eles desmatam?** Paper conceitual. Banco Mundial, Brasília, 2000.

MATTOS, C.; YOUNG, C.P. **Colonização agrícola em floresta tropical úmida e seus impactos ambientais: o caso de Machadinho d'Oeste – Rondônia**. Campinas: EMBRAPA, Monitoramento por satélite, 1991.

MIRANDA, E.; CARVALHO, J.; DORADO, A. **Pobreza e impacto ambiental: 10 anos de evolução agrícola em Rondônia**, Brasil. In: Simpósio latinoamericano sobre investigación y extension en sistemas agropecuarios (IESA-AL-III), 3., 1998, Lima-Perú. **Anais**: Nuevos enfoques de la superación de la pobreza rural y para el desarrollo de las capacidades locales. Tema 2 - Pobreza rural y deterioro ambiental. Perú: RIMISP, 17pp., 1998.

MIRANDA, E.E.; MANGABEIRA, J.A.C.; MATTOS, C.; DORADO, A.J. **Perfil agroecológico e sócio-econômico de pequenos produtores rurais: o caso de Machadinho d'Oeste (RO)**, em 1996. Campinas: ECOFORÇA/EMBRAPA-NMA, 117pp. Documentos, 2, 1997.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Sistema nacional de unidades de conservação – SNUC: Lei n° 9.985, de 18 de julho de 2000; decreto n°4.340, de 22 de agosto de 2002**. Brasília, 2004.

OKA-FIORI, C.; SOARES, P.C. **Aspectos evolutivos das voçorocas**. Notícia Geomorfológica, Campinas, v.16, n.32, p.114-124, 1976.

OLIVEIRA, M.A.T. Processos erosivos e preservação de áreas de risco de erosão por voçoroca. In: **Erosão e conservação dos solos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

OLIVEIRA, M.A.T.; MÉIS, M.R.M. Relações entre geometria do relevo e formas de erosão linear acelerada (Bananal, SP). **Geociências**, n.4. São Paulo, 1985.

PEIXOTO, M.N.O.; MOURA, J.R.S.; SILVA, T.M. Morfometria de cabeceiras de drenagem em anfiteatros e a retomada erosiva por voçorocamento (Bananal, SP). In: Simpósio de geografia física aplicada, 3, Nova Friburgo (RJ), **Anais**. IGEO/UFRJ, 1989.

PITTMAN, E.D. Diagenesis of quartz in sandstones as revealed by scanning microscopy. **Journal Sedimentary Petrology**, v.42, p.507-519, 1972.

PRUSKI, F.F. FURUKAWA, C.; DA COSTA, L.M.; FONTES, L.E.F.; NETTO, A.M. Análise do escoamento superficial, sob condições de irrigações em solos com e sem cobertura. In: XXII Congresso brasileiro de engenharia agrícola. **Anais**. v.4, p.2352–2357, 1993.

QUADROS, M.L.E.S.; RIZZOTTO, G.J. (organizadores). **Mapa geológico e de recursos minerais do estado de Rondônia**. Escala 1:1.000.000, Porto Velho, CPRM, 2007.

ROBINSON, D. A.; NAGHIZADEH, R. The impact of cultivation practice and whellings on runoff generation and soil erosion on the South Downs: some experimental results using simulated rainfall. **Soil Use and Management**, 8, 4, 151–156, 1992.

RODRIGUES, J.E. **Estudo de fenômenos erosivos acelerados (boçoroca)**. São Carlos, 1982. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos, USP, 1982.

RONDÔNIA. SEPLAD/PLANAFLORO/PNUD.BRA/00/004. **As unidades de conservação de Rondônia**. 2ª ed. Porto Velho, 92pp., 2002a.

RONDÔNIA. **Atlas geoambiental de Rondônia**. Porto Velho, 2002b.

RUHOFF, A.L. **Gerenciamento de recursos hídricos em bacias hidrográficas: modelagem ambiental com a simulação de cenários preservacionistas**. Santa Maria: UFSM, 2004. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, 2004.

SALGADO, C.M.; SANTOS, D.A.; PEIXOTO, M.N.O.; MOURA, J.R.S. **Suscetibilidade das coberturas sedimentas /pedológicas quaternárias à erosão superficial hídrica em cabeceiras de drenagem em anfiteatro – região de Bananal RJ**. Simpósio de Geografia Física Aplicada, 6, Goiânia. **Anais**, UFG, 1995.

SANTOS, C. **A fronteira do Guaporé**. Porto Velho: Edufro, 2007.

SCANDOLARA, J.E. Geologia. In: **Atlas geoambiental de Rondônia**. Porto Velho: SEDAM, v.2, 2002.

SCANDOLARA, J.E.; RIZZOTTO, G.J.; AMORIM, J.L.; BAHIA, R.C.B.; QUADROS, M.L.; SILVA, C.S. **Mapa geológico de Rondônia na escala de 1:1.000.000**. Porto Velho: CPRM, 1999.

SIBLEY, D.F.; BLATT, H. Intergranular pressure solution and cementation of the Tuscarora orthoquartzite **Journal of Sedimentary Research**; v.46; n.4; p.881-896, 1976.

SILVA, L.P.; MANIESI, V. **Avaliação dos limites de uso e ocupação da sub-bacia do rio Enganado-Rondônia, com auxílio de técnicas de geoprocessamento: uma proposta de uso sustentável.** Revista Geociências, UNESP, v.4, n.3, p.267-276, 2005.

SIPAM, 2006. **Projeto Curupira** – Estado de Rondônia – Desmatamento em unidades de conservação: florestas estaduais: rio Vermelho Mutum, Araras, Gavião, Periquitos, Parque Estadual Corumbiara, Floresta Nacional do Bom Futuro, Sistema de Proteção da Amazônia (SIPAM) Centro Técnico Operacional de Porto Velho, 2006.

TEIXEIRA, W.; TASSINARI, C.C.G.; CORDANI, U.G.; KANASHITA, K. A review of the geochronology of the Amazon Craton: tectonic implications. **Precambrian Research**, 42: 213-217, 1989.

TOLEDO, M.C.M.; OLIVEIRA, S.M.B.; MELFI, A.J. **Intemperismo e formação do solo. In: Decifrando a Terra.** Companhia Editora Nacional. 558pp., 2008.

TRICART, J. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro: IBGE, 1977.

VILAR, O.M. **Estudo da compressão unidirecional do sedimento moderno (solo superficial) da cidade de São Carlos.** Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, USP, 1979.

VIEIRA, N.M. **Estudo geomorfológico das boçorocas.** Tese de Doutorado, Faculdade de Filosofia Ciência e Letras, FFCL, Franca-SP, 1973.

VITEL, C.S. M.N.; FEARNSSIDE, P.M.; GRAÇAL, P.M.L.A. **Análise da inibição do desmatamento pelas áreas protegidas na parte sudoeste do arco de desmatamento.** In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal. **Anais**, INPE, p.6377-6384, 2009.

WENTWORTH, C.K. A scale of grade and class terms for clastic sediments. **Journal Sedimentary Petrology**, 30:377-392, 1922.

WORLD BANK. **Rondônia natural resource management project, Brazil.** Report n.8073-BR, 1992.

## **APÊNDICE A**

Seqüências de operações utilizadas no programa Legal no SPRING/INPE com os pesos estabelecidos da vulnerabilidade natural a erosão por tema para a transformação de dados temáticos em geo-campos numéricos.

## LEGAL GEOLOGIA

```

{
//declaração
Tematico vrgeo ("geotm");
Numerico vrnum ("ponderado");
Tabela tabpond (Ponderacao);
// Instanciacao
vrgeo = Recuperar (Nome = "geologia3");
vrnum = Novo (Nome = "geologia_ponderado", ResX=30, ResY=30, Escala =250000, Min=0,
Max=3);
tabpond = Novo (CategoriaIni = "geotm",
"Agua" : 0.0,
"MPspg" : 1.5,
"MPyrg" : 1.5,
"NPpr" : 2.4,
"PMPja" : 1.6,
"PMPjm" : 1.6,
"Qha" : 3.0,
"Qhp" : 3.0,
"Qpa" : 3.0,
"Qpt" : 3.0,
"TQi" : 2.8,
"TQsa" : 3.0);
//Operacao
vrnum=Pondere (vrgeo, tabpond);
}

```

## LEGAL GEOMORFOLOGIA

```

{
//declaração
Tematico vrgeom ("geomorfo_tm");
Numerico vrnum ("ponderado");
Tabela tabpond (Ponderacao);
// Instanciacao

```

```

vrgeom = Recuperar (Nome = "geomorfologia3");
vrnum = Novo (Nome = "geomorfologia_ponderado", ResX=30, ResY=30, Escala =250000,
Min=0, Max=3);
tabpond = Novo (CategoriaIni = "geomorfo_tm",
"A12" : 3.0,
"A14" : 3.0,
"A211" : 2.8,
"A212" : 2.8,
"A221" : 2.8,
"A31" : 3.0,
"A32" : 3.0,
"D2210" : 1.8,
"D2211" : 1.6,
"D2221" : 1.6,
"D2222" : 1.8,
"D2231" : 1.6,
"D2232" : 1.8,
"D2311" : 1.6,
"D2331" : 1.6,
"D31" : 1.6,
"D32" : 1.6,
"E" : 3.0,
"RIO" : 0.0,
"S31" : 1.6);
//Operacao
vrnum=Pondere (vrgeom, tabpond);
}

```

## **LEGAL PEDOLOGIA**

```

{
//declaração
Tematico vrsolo ("solos_tm");
Numerico vrnum ("ponderado");
Tabela tabpond (Ponderacao);

```

```
// Instanciacao
vrsolo= Recuperar (Nome = "solos3");
vrnum = Novo (Nome = "solo_ponderado", ResX=30, ResY=30, Escala =250000, Min=0, Max=3
); tabpond = Novo (CategoriaIni = "solos_tm",
"CD1" : 2.5,
"CD8" : 2.05,
"EE2" : 3.0,
"GD12" : 2.7,
"GD2" : 3.0,
"LAD1" : 1.0,
"LAD10" : 1.45,
"LAD16" : 1.6,
"LAD2" : 1.0,
"LAD33" : 1.3,
"LAD37" : 1.3,
"LAD38" : 1.5,
"LAD5" : 1.0,
"LAD9" : 1.6,
"LLD1" : 1.0,
"LLD12" : 1.0,
"LLD16" : 1.0,
"LLD19" : 1.3,
"LLD2" : 1.0,
"LLD20" : 1.6,
"LVD1" : 1.0,
"LVE6" : 1.6,
"LVE8" : 1.0,
"Q2" : 3.0,
"WD1" : 2.0,
"rio" : 0.0);
//Operacao
vrnum=Pondere (vrsolo, tabpond);
}
```

## LEGAL VEGETAÇÃO

```

{
//declaração
Tematico vrveg ("vegeta_tm");
Numerico vrnum ("ponderado");
Tabela tabpond (Ponderacao);
// Instanciacao
vrveg = Recuperere (Nome = "vegetacao3");
vrnum = Novo (Nome = "vegetacao_ponderado", ResX=30, ResY=30, Escala =250000, Min=0,
Max=3);
tabpond = Novo (CategoriaIni = "vegeta_tm",
"000Aurbana" : 3.0,
"000Magua" : 0.0,
"Aap" : 1.2,
"Abp+Abc+Dbe" : 1.2,
"Ap+Vsp+Ac.A" : 2.8,
"Ap+Vsp.A" : 2.8,
"Ap+Vsp.D" : 2.8,
"Ap+Vsp.SO" : 2.8,
"Ap.A" : 2.8,
"Ap.D" : 2.8,
"Asc" : 1.2,
"Asc+Asp" : 1.2,
"Asc+Asp+Dse" : 1.2,
"Asc+Dse" : 1.1,
"Asc+Dse+Asp" : 1.2,
"Asp" : 1.2,
"Asp+Asc" : 1.2,
"Asp+Asc+Dse" : 1.2,
"Asp+Dse" : 1.2,
"Asp+Dse+Asc" : 1.2,
"Dae+Aap" : 1.1,
"Dau" :1.0,

```

```

"Dbe+Abp" : 1.1,
"Dse+Asc" : 1.1,
"Dse+Asp+Asc" : 1.1,
"Dsu+Asc" : 1.1,
"Paap" : 2.3,
"Paas+Pah" : 2.5,
"Pah" : 2.7,
"Pah+Paap" : 2.5,
"Pah+Paas" : 2.5,
"SOc/Asp+Sas" : 1.77,
"SOc/Asp+Sd" : 1.57,
"SOc/Asp+Sd+Sas" : 1.75,
"Sd" : 1.7,
"Spf" : 2.5,
"Spf+Saf" : 2.5,
"Vsp.A" : 2.7);
//Operacao
vnum=Pondere (vrveg, tabpond);
}

```

## **LEGAL PRECIPITAÇÃO**

```

{
//declaração
Tematico vrpre ("precipita_tm");
Numerico vnum ("ponderado");
Tabela tabpond (Ponderacao);
// Instanciacao
vrpre = Recuperar (Nome = "precipita");
vnum = Novo (Nome = "precipita-ponderado", ResX=30, ResY=30, Escala =250000, Min=0,
Max=1);
tabpond = Novo (CategoriaIni = "precipita_tm",
"2600.00000000" : 2.30,
"2500.00000000" : 2.25,
"2400.00000000" : 2.20,

```

```
"2300.00000000" : 2.15,  
"2200.00000000" : 2.10,  
"2100.00000000" : 2.05);  
//Operacao  
vrnum=Pondere (vrpre, tabpond);  
}
```

## **APÊNDICE B**

Seqüência da operação aritmética do programa LEGAL utilizada para gerar um novo geo-campo numérico de vulnerabilidade natural à erosão.

**LEGAL VULNERABILIDADE:**

```
{
// program em LEGAL desenvolvido para gerar o mapa de vulnerabilidade
// Declaracao
Numerico vrgeo ("ponderado");
Numerico vrveg ("ponderado");
Numerico vrsolo ("ponderado");
Numerico vrgeom ("ponderado");
Numerico vrpre ("ponderado");
Numerico vr vul ("ponderado");
// Instanciacao
vrgeo = Recuperar (Nome = "geologia_ponderado");
vrveg = Recuperar (Nome = "vegetacao_ponderado");
vrsolo = Recuperar (Nome = "solo_ponderado");
vrgeom = Recuperar (Nome = "geomorfologia_ponderado");
vrpre = Recuperar (Nome = "precipita-ponderado");
vr vul = Novo (Nome = "vulnerabilidade", ResX=30, ResY=30, Escala = 250000, Min = 0,
Max = 3);
//Operacao
vr vul = (vrgeo + vrgeom + vrveg + vrsolo + vrpre )/5;
}
```

## **APÊNDICE C**

Seqüência da operação de fatiamento que permite a transformação do modelo de geo-campo numérico para temático e a operação de reclassificação onde agruparam-se as 21 classes em seus respectivos intervalos de valores de vulnerabilidade natural à erosão.

**FATIAMENTO:**

```

{
// program em LEGAL desenvolvido para transformar o PI de vulnerabilidade do modelo numerico
para tematico
Numerico vrvul ("ponderado");
Tematico vrmmapafinal ("vulnerabilidade");
Tabela tabvulnerabilidade (Fatiamento);
// Instanciacao
vrvul = Recuperar (Nome = "vulnerabilidade");
vrmmapafinal = Novo (Nome = "vulnerabilidade", ResX=30, ResY=30, Escala = 250000);
//Operacao
tabvulnerabilidade = Novo (CategoriaFim="vulnerabilidade",
[0.0,0.0999] : "Drenagem",
[1.0,1.0999] : "C21",
[1.0999, 1.1999] : "C20",
[1.1999, 1.2999] : "C19",
[1.2999, 1.3999] : "C18",
[1.3999, 1.4999] : "C17",
[1.4999, 1.5999] : "C16",
[1.5999, 1.6999] : "C15",
[1.6999, 1.7999] : "C14",
[1.7999, 1.8999] : "C13",
[1.8999, 1.9999] : "C12",
[1.1999, 2.0999] : "C11",
[2.0999, 2.1999] : "C10",
[2.1999, 2.2999] : "C9",
[2.2999, 2.3999] : "C8",
[2.3999, 2.4999] : "C7",
[2.4999, 2.5999] : "C6",
[2.5999, 2.6999] : "C5",
[2.6999, 2.7999] : "C4",
[2.7999, 2.8999] : "C3",
[2.8999, 2.9999] : "C2",
[2.9999, 3.0] : "C1");

```

```
vrmapafinal = Fatie (vrvul, tabvulnerabilidade);
}
```

A partir da primeira classificação, através da operação de reclassificação, agrupo-se as 21 classes em seus respectivos intervalos de valores de vulnerabilidade, como mostra a operação a seguir:

### **RECLASSIFICAÇÃO:**

```
{
//programa elaborado para reclassificar o tema vulnerabilidade
//declaracoes
Tematico vrvul ("vulnerabilidade");
Tematico vrvulnovo ("vulnerabilidade");
Tabela tabreclas (Reclassificacao);
//instanciacoes
tabreclas = Novo (CategoriaIni = "vulnerabilidade", CategoriaFim = "vulnerabilidade",
"C1" : "vulneravel",
"C2" : "vulneravel",
"C3" : "vulneravel",
"C4" : "vulneravel",
"C5" : "moderadamente_vulneravel",
"C6" : "moderadamente_vulneravel",
"C7" : "moderadamente_vulneravel",
"C8" : "moderadamente_vulneravel",
"C9" : "medianamente_estavel_vulneravel",
"C10" : "medianamente_estavel_vulneravel",
"C11" : "medianamente_estavel_vulneravel",
"C12" : "medianamente_estavel_vulneravel",
"C13" : "medianamente_estavel_vulneravel",
"C14" : "moderadamente_estavel",
"C15" : "moderadamente_estavel",
"C16" : "moderadamente_estavel",
"C17" : "moderadamente_estavel",
"C18" : "estavel",
"C19" : "estavel",
```

```
"C20" : "estavel",  
"C21" : "estavel",  
"Drenagem" : "Drenagem");  
vrvul = Recupere ( Nome = "vulnerabilidadel");  
vrvulnovo = Novo (Nome = "vulnerabilidade_reclas", ResX = 30, ResY = 30, Escala = 250000);  
//operacao  
vrvulnovo = Reclassifique (vrvul, tabreclas);  
}
```