Universidade de São Paulo
Escola de Engenharia de São Carlos
Departamento de Hidráulica e Saneamento

ASPECTOS DO MACROZONEAMENTO UTILIZANDO SIG COMO INSTRUMENTO DE GESTÃO AMBIENTAL: DIAGNÓSTICOS E CENÁRIOS DA REGIÃO DE RIBEIRÃO PRETO – SP

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Civil - Área de Hidráulica e Saneamento.

AURÉLIO TEODORO FONTES
Orientador: Prof. Dr. Marcelo Pereira de Souza

São Carlos
1997

"A longa luta somente será vencida no dia em que for possível esquecer o adjetivo ***sustentável*** *ou o prefixo* ***eco*** *ao se falar em desenvolvimento".*

Ignacy Sachs

Dedico aos meus pais,

Claudette e Arnaldo, grandes amigos!

Agradecimentos

Ao professor Marcelo Pereira de Souza pela orientação e contribuição ao amadurecimento pessoal.

À Mana pelas assessorias múltiplas, à Ana Rita pela acolhida, e a ambas pela singela amizade surgida.

A todos os colegas que contribuíram para a realização deste trabalho.

Às duas mulheres que me estimulam, Jô e Bruna.

Ao Departamento de Hidráulica e Saneamento pela estrutura.

E ao CNPq pela bolsa de estudo.

Sumário

Lista de Figuras

Lista de Tabelas

Lista de Abreviaturas

Resumo

Abstract

1. Introdução 1

2. Objetivos 6

3. Materiais e Método 7

4. Revisão Bibliográfica 9

4.1. Gestão e Planejamento Ambiental 9

4.2. Zoneamento e Política Ambiental 15

4.3. SIG Aplicado a Análises Ambientais 21

5. Estudo de Caso 28

5.1. Área de Estudo 28

5.2. Aquisição de Dados 29

5.3. Resultados Obtidos e Discussão 31

5.3.1. Usos e Características Ambientais - Ribeirão Preto 32

5.3.2. Risco de Erosão 34

5.3.3. Potenciais Usos 38

5.3.3.1. Potencial Agrícola 38
5.3.3.2. Potencial Industrial 41
5.3.3.2.1. Potencial Ambiental para Indústrias 41
5.3.3.2.2. Potencial para Indústrias 44
5.3.3.3. Potencial à Expansão Urbana 46
5.3.4. Potenciais Conflitos de Uso dos Solos Rural e Urbano 48
5.3.4.1. Potencial Conflito de Uso do Solo Rural 49
5.3.4.2. Potencial Conflito de Uso do Solo Urbano 51
5.3.5. Conservação do Meio Ambiente 54
5.3.5.1. Recuperação da Vegetação Natural 54
5.3.5.2. Assoreamento Crítico 57
5.3.5.3. Práticas de Conservação 57
6. Conclusão 61
7. Referências Bibliográficas 63
Apêndice

Lista de Figuras

Figura 1: *Overlay* 22

Figura 2: Componentes do *software* e banco de dados do SIG 23

Figura 3: A função do SIG no processo de planejamento 25

Figura 4: Região da área de estudo 29

Figura 5: Usos e características ambientais - Rib. Preto 33

Figura 6: Risco de erosão 37

Figura 7: Potencial agrícola 40

Figura 8: Potencial ambiental para localização de indústrias 43

Figura 9: Potencial para indústrias 45

Figura 10: Potencial à expansão urbana 47

Figura 11: Potencial conflito de uso do solo rural 50

Figura 12: Potencial conflito de uso do solo urbano e área *shopping* 52

Figura 13: Recuperação da vegetação natural 56

Figura 14: Áreas com risco crítico de assoreamento 59

Figura 15: Áreas para práticas de conservação do solo 60

Lista de Tabelas

Tabela 1: Risco de erosão 35

Tabela 2: Potencial Agrícola 38

Tabela 3: Pontuação atribuída à declividade 41

Tabela 4: Pontuação atribuída ao tipo de solo 42

Tabela 5: Pontuação atribuída à formação geológica 42

Tabela 6: Potencial urbano 46

Tabela 7: Percentual de vegetação natural remanescente na área rural 51

Tabela 8: Percentual de vegetação natural remanescente na área urbana 53

Tabela 9: Percentual de vegetação nas áreas de preservação 55

Lista de Abreviaturas

AIA Avaliação de Impacto Ambiental

APA Área de Proteção Ambiental

DEPRN Departamento Estadual de Proteção de Recursos Naturais

EIA Estudo de Impacto Ambiental / Estudo Prévio de Impacto Ambiental

EPIA Estudo Prévio de Impacto Ambiental

GTE Grupo Técnico do Estado

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

PNGC Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro

RIMA Relatório de Impacto Ambiental

SIG Sistema de Informações Geográficas

SMA Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo

SMMA Secretaria Municipal do Meio Ambiente - Ribeirão Preto

UC Unidade de Conservação

WCED *World Commission on Environment and Development*

ZEE Zoneamento Ecológico-Econômico

Resumo

Este trabalho apresenta o macrozoneamento como instrumento de gestão ambiental que visa compatibilizar, em bases permanentes, o desenvolvimento econômico de uma região à manutenção da qualidade ambiental. Neste contexto, o Sistema de Informações Geográficas se apresenta como ferramenta necessária à síntese da dinâmica econômica-ecológica, a fim de que as rápidas mudanças, inerentes ao modelo de desenvolvimento global, não inviabilizem um processo que deve contemplar a visão sistêmica do meio ambiente. No desenvolvimento desta pesquisa foi utilizado o *software* Idrisi para o processamento dos mapas da área de estudo, que constitui a base do banco de dados. Fundamentando-a, foram abordados os conceitos de gestão e planejamento ambiental e de sistema de informações geográficas, relacionando-os ao macrozoneamento e aos aspectos jurídicos observados no país e, particularmente, no Estado de São Paulo. Como resultado final, o banco de dados digitais e a abordagem do macrozoneamento da região de Ribeirão Preto, através da apresentação e análise de cenários de potenciais usos e conflitos, entre outros, deverão subsidiar a implementação de atividades e diagnósticos regionais. Além disto, o trabalho poderá contribuir para a consolidação e para o direcionamento da inserção do macrozoneamento no sistema de gestão ambiental.

Palavras-chave: macrozoneamento; sistema de informações geográficas; zoneamento ambiental.

Abstract

This work presents macro-zonning as an instrument of environmental management which intends to permanently put together economical development and environmental quality maintainance in a determined region. In such a way, the Geographic Information System (GIS) is a necessary tool for the economical/ecological dynamic synthesis, so that the quick changes - which are inherent to the global development model- do not make impossible the process that should have as an aim systemic environmental care.

The Idrisi software was used in the development of the research to process the maps of the considered area. In order to supporting data, the concepts of environmental management and planning and GIS were used and they were related to the macro-zonning and the legal aspects which are currently in use in the country and, particularly, in the State of São Paulo.

As a result, digital data and the evaluation of the Ribeirão Preto region zonning shall be of great value to help in regional activity and problem identification. Moreover, this work may be important to consolidate and to guide the use of macro-zonning as an instrument in the environmental management system.

Keywords macro-zonning - Geographic Information System - environmental zonning.

1. Introdução

Com o rápido desenvolvimento de tecnologias que permitem ao Homem explorar a natureza e seus recursos, surge a possibilidade do esgotamento destes, exigindo das pessoas uma nova maneira de pensar o mundo, que ainda mantendo o bem estar humano como objetivo principal, passe a considerar as possibilidades futuras da qualidade de vida, principalmente a limitação que o meio ambiente impõe a um desenvolvimento que se pretende duradouro. Surge, então, o conceito de ecodesenvolvimento ou desenvolvimento sustentável.

O termo ecodesenvolvimento foi utilizado pela primeira vez em 1973 por Maurice Strong e, sendo conceito inspirado nas condições de vida da zona rural, procurava condicionar a dinâmica econômica à qualidade do meio ambiente e à não exclusão social. Posteriormente, houve a evolução deste conceito, a partir de modelo elaborado por Inacy Sachs (1974)[1], para uma proposta de modo de crescimento econômico que minimiza os impactos sócio-ambientais valendo-se dos potenciais regionais ambiental e humano, em outras palavras, um estilo de desenvolvimento descentralizado, participativo, respeitador da sustentabilidade ecológica e indutor da justiça social (Vieira, 1995).

[1] Sachs, I. Environnement et styles de développement. *Annales.* V.3, p.533-570, 1974.

Atualmente, este novo conceito de desenvolvimento tem se popularizado através da expressão "desenvolvimento sustentável", sendo um dos primeiros registros da sua definição, citado em Elliot (1994), o feito por Allen (1980)[2]: "desenvolvimento apropriado para satisfazer de maneira permanente as necessidades do Homem e conseguir a melhoria da qualidade da vida humana". Todavia, a definição mais difundida é a dada pela Comissão de Meio Ambiente e Desenvolvimento da Organização das Nações Unidas, WCED (1987): "o desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem as suas próprias necessidades".

Na tentativa de viabilizar este novo paradigma, estão sendo criados e aprimorados alguns instrumentos que obedecem aos objetivos de uma Política Ambiental, ou seja, coordenar as atividades antrópicas de maneira a obter o máximo possível de ganho em qualidade de vida com impacto ambiental negativo mínimo. Dentre estes instrumentos, ressalta-se a importância do zoneamento ou, mais especificamente, macrozoneamento (mesmo instrumento em escalas menores), principalmente pelo seu caráter de antecedência em relação às outras ações. Qualquer planejamento ambiental, ou o estudo dos impactos aos quais o ambiente está susceptível, requer um conhecimento das características físicas, biológicas e antrópicas do meio. O macrozoneamento possibilita um conhecimento preliminar destas características e as vocações ambientais das áreas de interesse.

A legislação brasileira apresenta, entre os instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente, o zoneamento ambiental, espaços territoriais especialmente protegidos, tais como a área de proteção ambiental (APA), e a avaliação de impacto ambiental (AIA), que tem como um de seus agentes principais o estudo prévio de impacto ambiental (EIA), importante mecanismo

[2] Allen, R. *How to save the World.* London, Kogan Page, 1980.

de prevenção, responsável pela determinação da viabilidade ambiental de um empreendimento.

Tendo entre as fases de elaboração, a determinação da área de influência e a definição de áreas alternativas para o empreendimento, o EIA encontra no macrozoneamento um aliado valioso na obtenção de informações preliminares. Estas informações, mais do que dados técnicos, têm sua origem a partir de princípios comuns aos dois instrumentos, podendo assim ter maior êxito na orientação de tomadas de decisões. De forma análoga, o macrozoneamento deve ser agente de destaque no gerenciamento e na definição dos limites da APA, espaço territorial com interesse ecológico, mas que possibilita seu uso aos proprietários das terras. Este quadro exige do poder público a realização do diagnóstico ambiental e, como conseqüência, a definição das potencialidades ambientais e de restrições para a ocupação e uso do solo, a fim de existirem subsídios não aleatórios quando da demarcação do perímetro e do disciplinamento do uso territorial da APA.

O macrozoneamento baseado em dados não atualizados, situação recorrente quando não são utilizados instrumentos que considerem as rápidas mudanças socioeconômica e tecnológica, pode levar à decisões equivocadas e comprometedoras da qualidade do meio ambiente. Na tentativa de eliminar este risco e com intuito de facilitar a visualização de cenários, recomenda-se a utilização do sistema de informações adequado para a execução do macrozoneamento ambiental, adjetivado no sentido de reforçar a preocupação com a qualidade do objeto tratado, o meio ambiente.

Considera-se o Sistema de Informações Geográficas (SIG) o instrumento capaz de equacionar os problemas encontrados no gerenciamento de um sistema de informações, advindos, principalmente, do crescimento acelerado da economia, da dinâmica social e do desenvolvimento de novas

formas de manejo do meio ambiente. Isso é possível devido às características encontradas em um SIG, segundo Tabaczenski (1995): “potencial de integração com o usuário, capacidade de cruzamento de informações geográficas, velocidade de operação, capacidade de simulações e versatilidade de apresentação de informações espaciais”.

Outro aspecto importante na validação do macrozoneamento é a garantia do envolvimento da sociedade no processo, factível somente através do fácil acesso as informações. Souza (1995) salienta que, tendo o quadro institucional para o desenvolvimento sustentável que considerar a especificidade de cada região na implementação de uma política de desenvolvimento, a participação da comunidade é indispensável para o sucesso e legitimidade do processo, e Griffith (1989), em artigo no qual analisa o zoneamento da APA, concluiu que este “é útil quando usado por um único proprietário para organizar o uso da terra sob seu domínio”, ou seja, a comunidade da área a ser protegida precisa estar entre os atores principais do processo para que este tenha alguma chance de sucesso.

Vários são os exemplos de planos executados por técnicos capacitados, mas cuja aplicação fracassa frente as variáveis antrópicas. Quando um plano envolve o meio ambiente, a diversidade de interesses e de agentes participantes pode gerar conflitos que inviabilizam a sua aplicação. Se na execução do macrozoneamento não estiver contemplada a sociedade, quando da tomada de decisões, por melhor que seja a elaboração técnica, a implantação e o aperfeiçoamento futuro estão comprometidos. Isto também é necessário quando se pretende o aproveitamento das informações do macrozoneamento na elaboração do EIA, instrumento que tem garantidas a publicidade e a participação pública na forma da lei.

Estas considerações reforçam a necessidade da utilização do SIG para uma adequada inserção do macrozoneamento no sistema de gestão ambiental, contemplando a concepção colocada no Macrozoneamento das Bacias dos Rios Moji Guaçu, Pardo e Médio Grande (1995): um processo democrático, integrado entre os interessados, baseado na região e, principalmente, permanente quanto à elaboração-implementação. Também vem do conhecimento deste processo de macrozoneamento, e de sua regulamentação, uma parte da motivação do trabalho aqui executado, mais do que pelos subsídios fornecidos, pela inquietação diante dos questionamentos suscitados.

2. Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é fazer, a partir do estudo dos fatores ambientais, **análises de aspectos do processo de macrozoneamento utilizando SIG, como as susceptibilidades e as potenciais vocações da região de estudo para a implementação de atividades e programas, visando à manutenção da qualidade ambiental.**

Espera-se alcançar também objetivos específicos:

· o uso do SIG no processo de macrozoneamento como um instrumento de processamento de informações, considerando os fatores físicos e socioeconômicos;

· criação de um banco de dados ambientais georreferenciados e a determinação da caracterização ambiental da região de Ribeirão Preto, a partir da utilização do SIG;

· formação de possíveis cenários ambientais, subsidiando o planejamento regional, considerando a aplicação de instrumentos jurídico-institucionais relacionados ao macrozoneamento.

3. Materiais e Método

Como primeira etapa do trabalho foi feita uma revisão bibliográfica para verificar usos e aplicações do SIG em trabalhos desta natureza, e para obtenção de informações nas quais possam ser destacados aspectos que relacionem o macrozoneamento e sua inserção no cenário jurídico-institucional. Essa revisão continuou ao longo das outras etapas, sempre que novos subsídios foram necessários. O material consultado abrangeu livros, legislação e vários periódicos publicados nos últimos anos.

O *software* do SIG utilizado foi o *Idrisi for windows 1.0*, desenvolvido pela Clark University, Massashussets. Este *software* é muito utilizado em pesquisas devido, entre outros motivos, à facilidade de aquisição e ao pouco investimento em equipamento necessário à sua instalação, bastando, para tanto, um micro computador com capacidades de memória e de disco rígido compatíveis com o processamento de imagens, além, é claro, do *software Windows*. Sua aceitação entre os profissionais que trabalham com problemas ligados ao meio ambiente deve-se à diversidade de temas, sempre relacionados com suas posições geográficas, que podem ser analisados.

Assim sendo, após a leitura de material bibliográfico, inclusive manuais de orientação, e de treinamentos na mesa digitalizadora e nos aplicativos, houve o processamento dos mapas da área de estudo (planialtimétrico,

pedológico, geológico e de vegetação natural), base para o banco de dados. A digitalização foi feita utilizando a mesa *Summagraphics Summagrid IV*, formato A1, e o *software* TOSCA 2.12, que serve como módulo de aquisição de dados, representados na forma *vector*, do Idrisi. Após a aquisição e tratamento das imagens *vector*, ainda no TOSCA, estas são transformadas em imagens *raster*, já com o uso do Idrisi, para que seus diversos módulos possam reconhecê-las, dando condições à geração dos mapas suportes à tomada de decisões no sistema, detalhados no Estudo de Caso.

A definição da área de estudo compreendeu a região de Ribeirão Preto, pólo regional de desenvolvimento aonde já vêm sendo desenvolvidos projetos de macrozoneamento, regulamentação da Lei Estadual n° 7.641/91, e zoneamento ambiental da cidade, que mesmo não contemplando a utilização do SIG facilitaram a obtenção dos mapas bases junto às instituições governamentais.

A abordagem dos aspectos levantados na área escolhida serviu às considerações finais a respeito do macrozoneamento apoiado em um SIG.

4. Revisão bibliográfica

Apesar das considerações finais não serem diretamente embasadas no acervo teórico aqui apresentado, esta revisão fundamenta as discussões e os resultados obtidos no estudo de caso, apresentando conceitos e aspectos jurídico-institucionais pertinentes ao trabalho.

4.1. Gestão e Planejamento Ambiental

O termo gestão pode ser traduzido como administração ou gerenciamento de um conjunto de ações, que devem ser fruto de um plano estabelecido a partir de determinados objetivos. Sintetizando, a Política estabelece metas a serem racionalizadas pelo Planejamento cujo resultado, o plano de ação, é executado na Gestão. O adjetivo "Ambiental" pode acompanhar estes termos, qualificando-os quanto à preocupação em preservar a qualidade do meio ambiente.

Os termos gestão e planejamento confundem-se, principalmente, pelas semelhanças entre as possíveis etapas dos métodos existentes. Isto pode ser

observado ao comparar-se a seqüência de planejamento relacionada por Vieira (1995), com as etapas da gestão ambiental apontadas por Souza (1993).

Como etapas do planejamento apresentam-se:

- Identificação de necessidades e objetivos;
- Análise de problemas e busca de alternativas;
- Implementação e monitoramento de estratégias regionais.

Para a gestão ambiental tem-se:

- Caracterização do meio ambiente e do empreendimento;
- Análise de impacto ambiental;
- Estratégia para implementação de medidas mitigadoras;
- Monitoramento.

Na tentativa de explicitar as diferenças entre estes dois processos, e de entender como eles se relacionam, citam-se Almeida *et al.* (1993), para os quais, modernamente, o processo de planejamento é continuado na gestão, sendo artificial uma separação entre os dois. Na verdade, a gestão é concebida como uma etapa interativa cujos dados realimentam as fases do planejamento, ou seja, o plano, fruto do planejamento, tem a função de coordenar os objetivos para a tomada de decisão e sua conseqüente execução, papel da gestão. A execução é realizada através de programas monitorados, o que possibilita a revisão do plano original.

Ainda segundo os autores, o planejamento ambiental pode ser definido tomando como base duas vertentes: linha de demanda e linha de oferta. A primeira define os objetivos a partir dos problemas socioeconômicos, e apresenta o planejamento ambiental como sendo "um grupo de metodologias e procedimentos para avaliar as conseqüências ambientais de uma ação proposta e identificar possíveis alternativas a esta ação". A segunda executa a caracterização do meio ambiente, e então demonstra a potencialidade de

satisfazer a demanda humana. Para esta linha, o planejamento ambiental é "um conjunto de metodologias e procedimentos que avalia as contraposições entre as aptidões e usos dos territórios a serem planejados".

Também a fim de esclarecer o significado de gestão ambiental e qual seu papel no processo de desenvolvimento, desta vez relacionando-a à política ambiental, apresenta-se a abordagem feita por Moraes (1994), na qual a gestão é considerada atribuição do Poder Público, e cabe a esta pôr em prática a Política de Meio Ambiente. Para tanto, deve existir um modelo institucional descentralizado e participativo, no qual os órgãos ambientais estejam articulados entre os programas e ações de produção do espaço, sendo esta articulação função de uma gestão ambiental eficiente.

Esta eficiência é buscada por Vieira (1995) que, mencionando diversos textos de Ignacy Sachs e Olivier Godard[3], aponta a necessidade de o espaço, recortado para fins de planejamento, ser homogêneo do ponto de vista ecológico e ter uma identidade sociocultural, assegurando uma gestão integrada às potencialidades de recursos existentes. Propõe, para tanto, a utilização de espaços microrregionais, e defendendo o uso piloto destas unidades como forma de contribuição científica ao trabalho de planejamento, os descreve como sendo "um espaço suficientemente restrito para a efetivação dos diagnósticos participativos e, ao mesmo tempo, em contraste com espaços urbanos ou com as bacias ou microbacias hidrográficas, suficientemente amplo para viabilizar estratégias melhores ajustadas à busca de soluções sinérgicas e complementares entre diferentes atividades produtivas".

---

[3] Godard, O. *Aspects institucionnels de la gestion integrée des ressources naturelles et de lénvironnement.* Paris, MSH, 1980.
_____; Ceron, J.P. *Planification décentralisée et modes de développement.* Paris, MSH, 1985.
Sachs, I. *et alli. Initiation à l'écodéveloppement.* Toulouse, Privat, 1981.
_____ *Ecodesenvolvimento. Crescer sem destruir.* São Paulo, Vértice, 1986.
_____ *Espaços, tempos e estratégias do desenvolvimento.* São Paulo, Vértice, 1986.
_____; Silk, D. *Food and energy. Strategies for sustainable development.* Tóquio, UNU, 1990.

Quanto à unidade de gestão adequada, existe uma tendência atual que atribui à bacia hidrográfica o *status* de unidade ideal para fins de estudo, planejamento e gestão ambiental. Isto é fácil compreender quando se consideram apenas águas superficiais, visto que existe a visualização do inter-relacionamento dos corpos d'água. No entanto, a erosão hídrica, que pode interferir em toda rede de drenagem através do assoreamento, assim como outros problemas da bacia, está intimamente relacionada ao uso do solo, que é determinado pelo Município, outra unidade de gestão que pode ser considerada adequada.

Do ponto de vista ambiental, a utilização da bacia hidrográfica como unidade funcional que mais se ajusta ao planejamento e à gestão pode ser justificada por se tratar de elemento compacto de características ecossistêmica e morfológica peculiares, permitindo a análise e o entendimento dos processos ambientais (Tabaczenski, 1995; Ranieri, 1996). Tem-se, inclusive, como exemplo de reconhecimento dos argumentos colocados, a adoção da bacia hidrográfica como unidade de estudo para o EIA, a partir da Resolução CONAMA 001/86.

Justifica-se, assim, o surgimento de comitês de bacias, já consolidados em outros países, que são ocupados por representantes da sociedade civil e das unidades administrativas constituintes da bacia hidrográfica. Como ressalva, observa-se o fato das regiões administrativas serem unidades tradicionais de gestão e planejamento, existindo a tendência dos interesses expressos pelos seus representantes entrarem em conflito com os interesses da gestão compartilhada da bacia.

Retomando a discussão acerca das metodologias de gestão e planejamento, e a fim de ter-se uma melhor visualização antes do enfoque final, exemplos de métodos de planejamento, nos quais podem ser

identificadas algumas das etapas já listadas na comparação feita no início deste tópico, apresentam-se como formas resumidas das descritas por Almeida *et al.* (1993):

Método de McHarg (considerado o pai da planificação ecológica)

A partir da descrição ecológica do lugar, avaliam-se as possibilidades de ordenação e planificação das atividades e suas conseqüências sobre o meio ambiente.

Método Automático de Steinitz

O sistema, utilizando o *software* Ingrid, toma por base o inventário dos elementos do meio físico. A partir daí, é feito o estabelecimento das atividades potenciais, considerando as possibilidades da área de estudo, as necessidades existentes e a orientação do planejamento. As análises culminam na determinação da capacidade e da vulnerabilidade do território para cada uma das atividades, através de mapas de capacidade e mapas de vulnerabilidade.

Sistema P.E. / Planejamento Ecológico de Falque (adaptado de McHarg)

O mérito desse método foi distinguir os dados do inventário, de acordo com sua credibilidade, em: Significativos, Operativos, Facilmente Obteníveis e Preciosos. Suas etapas são:

- Inventário ecológico;
- Características ecológicas favoráveis ou desfavoráveis ao uso potencial;
- Mapas de aptidões e conflitos de uso.

Nota-se que estes métodos não contemplam as últimas etapas do que seria um planejamento ou gestão ambiental, ou seja, estratégias para diminuição de impactos e monitoramento do sistema. Ao contrário, tais métodos se aproximam muito mais do que atualmente é entendido por zoneamento ambiental. Poucos conseguem pôr em prática a grande quantidade de teorias de como se deva dar o relacionamento entre os fatores físicos, biológicos e antrópicos, quando da organização do espaço territorial.

Mas não se pode negar a evolução positiva ao se pensar o planejamento interativo. A execução e o controle das ações no sistema de gestão, e mesmo a seqüência de etapas expressa de maneira linear, devem ser modificados por tomadas de decisões baseadas em um fluxo contínuo de informações, ou seja, deve existir um ciclo de retroalimentação do sistema. Esta mudança acompanha o surgimento de novas diretrizes de desenvolvimento, no início da década de setenta, que culminaram com a definição do que deve ser o ecodesenvolvimento ou desenvolvimento sustentável. Este conceito também introduziu outras mudanças significativas no universo dos responsáveis pela implementação de políticas de desenvolvimento, como a forma de abordagem sistêmica do meio, e a gestão e o planejamento descentralizados e participativos, condições para que estes possam ser acompanhados do adjetivo ambiental (Almeida *et al.*, 1993; Souza, 1993; Delitti, 1995; Vieira, 1995).

Talvez, o sinal mais contundente da mudança de postura frente ao meio ambiente, seja a incorporação de práticas gerenciais ambientais à operação geral das empresas. A motivação para esta mudança de comportamento adveio inicialmente do cumprimento às regulamentações legais, e ainda hoje este é o motivo principal, já que internalizar os custos sócio-ambientais é visto como uma diminuição do lucro. Todavia, também é sentida a mudança no discurso de representantes ligados à produção industrial, devido ao ganho financeiro que poderia vir da melhor aceitação de seu produto no mercado. Mercado este que, mais do que entender a qualidade ambiental como interesse difuso, passa a objetivar seu valor, a ponto de existirem projetos de inclusão da valoração ambiental no processo de gestão e de definição de políticas ambientais (Costanza, 1994; Tietenberg, 1994; Motta, 1995; Tibor e Feldman, 1996).

Na verdade, o que é consenso entre diversos autores, e entre os profissionais da área em geral, é a colocação feita por Sachs (1986), de que uma gestão ambiental racional é condição fundamental à prevenção do

esgotamento dos recursos naturais, entendendo-se esta racionalidade como a adoção de um sistema que integre os diversos setores e propicie a atuação das comunidades regionais. Em síntese, estilo de planejamento descentralizado, sistêmico e participativo.

4.2. Zoneamento e Política Ambiental

Já foi mencionada no presente trabalho a tradução adequada ao termo política, quando se pretende tratar de questões ambientais, como sendo um conjunto de objetivos que devem ser observados na execução dos planos governamentais, os quais devem considerar as limitações impostas pelo meio ambiente.

Como base legal de uma política ambiental, várias figuras jurídicas e institucionais foram criadas em diversos países do mundo, entre os quais o Brasil ocupa lugar de destaque. A Política Nacional do Meio Ambiente define, na Lei Federal n° 6.938/81, como um de seus instrumentos que deve ser responsável pela manutenção do desenvolvimento socioeconômico com qualidade ambiental, o zoneamento ambiental. Anteriormente, a Lei Federal n° 6.803/80 trazia diretrizes básicas para o zoneamento industrial de áreas susceptíveis à poluição.

A abordagem atual do meio ambiente, que considera além dos meios físico e biológico a qualidade da vida humana, encontra no zoneamento uma ferramenta que apresenta essa preocupação desde sua origem. Segundo Griffith (1989), os antecedentes de zoneamento vêm da década de vinte, quando os urbanistas norte-americanos promoveram a divisão das cidades em zonas residenciais, comerciais e industriais, devido às pressões das famílias

que viam a tranqüilidade de seus bairros ser ameaçada pelas indústrias e pelo surgimento de edificações com alta densidade demográfica.

Ainda de acordo com Griffith (1989), o zoneamento pode ser entendido como sendo "a simples classificação científica da terra sem uma prescrição normativa de como ela deve ou não ser utilizada" ou, quando se pretende o zoneamento ambiental, "a divisão de uma área geográfica em setores, onde certas atividades de uso da terra são permitidas e outras não, de maneira que se compatibilizem as pressões de alteração física com as de preservação do meio ambiente". Entretanto, a "classificação científica da terra" se aproximaria de uma simples caracterização da área e, pensando-se em zoneamento ambiental, a especificação de formas de uso não deve determinar "atividades... permitidas e outras não", ela deve ter caráter indicativo no processo de implementação da política ambiental. Nessa implementação, o Plano Diretor do Município, por exemplo, permitiria determinadas atividades, ou não, tendo como um dos principais subsídios o zoneamento ambiental.

O uso dos recursos ambientais pelo Homem deve obedecer a uma lógica que concilie aspirações econômicas de desenvolvimento com o anseio de bem-estar das diferentes comunidades, assim sendo, uma política ambiental deve ser implementada por instrumentos que contenham diretrizes próprias à sustentabilidade do meio ambiente, não podendo abdicar da possibilidade de adequação do espaço territorial à tomada de decisão de determinado momento.

Como ação a ser adotada que garanta este preceito, Tabaczenski (1995) coloca uma gestão ambiental que tenha como etapas a caracterização ambiental, o processo de investigação da adequação das atividades que se pretende desenvolver frente a capacidade de suporte de uma determinada região, destacando-se o macrozoneamento na prevenção de possíveis impactos

ou degradação que o meio venha sofrer, e, também, o processo de monitoramento e retroalimentação do modelo de gestão como um todo.

No Estado de São Paulo a inserção do macrozoneamento no processo de gestão ambiental está sendo implementada a partir da Lei Estadual n° 7.641/91, que dispõe sobre as medidas de proteção ambiental e estabelece critérios para o uso e ocupação do solo das bacias dos rios Pardo, Moji Guaçu e Médio Grande. O macrozoneamento possui posição de destaque na referida lei, sendo esta o resultado do trabalho realizado pelas instituições oficiais em conjunto com a sociedade civil, na tentativa de eliminar conflitos regionais quando da determinação do melhor local para a instalação de atividades econômicas.

Para coordenar este projeto foi criado o Grupo Técnico do Estado (GTE), vinculado a algumas secretarias estaduais, que no ano de 1996 elaborou uma proposta para o Macrozoneamento das Bacias Hidrográficas dos Rios Moji Guaçu, Pardo e Médio-Grande, adotando como princípios norteadores a participação da sociedade, a integração das ações governamentais e da análise das informações, a retroalimentação permanente do sistema e a descentralização do processo nas suas diferentes fases (elaboração/aplicação/aperfeiçoamento).

Durante a fase de elaboração, o levantamento das informações não se deu apenas através de literatura, foram ouvidos vários representantes da comunidade envolvida, principalmente para a identificação das questões escolhidas como objeto inicial deste processo de macrozoneamento, que se pretende permanente. Como resultado da análise das informações referentes ao meio físico, ao uso do solo e a disponibilidade da água, foram definidos compartimentos econômico-ecológicos, que poderão servir ao planejamento e a gestão ambiental da região.

Novamente destacando aspectos jurídicos relacionados ao meio ambiente, a interpretação da Constituição de 1988, na qual impõe-se ao Poder Público, no dever de garantir a todos um meio ambiente ecologicamente equilibrado, "definir, em todas as unidades da Federação, espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos, sendo a alteração e a supressão permitidas somente através de lei, vedada qualquer utilização que comprometa a integridade dos atributos que justifiquem sua proteção", pode levar ao fortalecimento do zoneamento como instrumento de gestão ambiental.

Mais especificamente, o Decreto Federal n° 99.540/90 criou a comissão coordenadora do Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) do território nacional, estabelecendo suas diretrizes. Entre elas, determina que o zoneamento deverá possuir uma abordagem interdisciplinar e sistêmica, deverá resultar da avaliação da realidade territorial, a partir da qual serão determinadas zonas caracterizadas pelos meios físico, biológico e antrópico, além de ser permanentemente monitorado e reciclado conforme a evolução da relação Homem-natureza.

Tratando do ZEE como instrumento do Planejamento Ambiental Estadual, Almeida *et al.* (1993) colocam como objetivos iniciais de um programa de zoneamento a definição de um Macrozoneamento do Estado, que "considerará zonas e subzonas definidas no mapeamento dos recursos naturais, as formas atuais e as tendências ou as perspectivas de ocupação socioeconômica, o valor da biota, tudo dentro de princípios aceitáveis com relação aos aspectos relevantes de cunho ecológico e ambiental".

Também refletindo acerca do ZEE, Ab'Saber (1989), em artigo sobre o zoneamento ecológico e econômico da Amazônia, defende que esta região é adequada a operação de tal zoneamento, pois, diferente das regiões de organização humana mais complexa, apresenta um predomínio dos fatores

naturais sobre os de natureza antrópica. No mesmo artigo, embora mencione as metodologias de zoneamento rural, Ab'Saber apenas aponta a necessidade do método de execução a ser utilizado seguir o princípio ecodesenvolvimentista, e de seu resultado apresentar as vocações ambientais e as potencialidades econômicas de subespaços previamente definidos por critérios fisiográfico-ecológicos. Talvez, a maior contribuição metodológica esteja na afirmação de que "seria conveniente", em escala macro, a execução prévia de mapas denominados molde e contramolde. O molde conteria as áreas legais de preservação permanente e o contramolde as áreas efetivamente disponíveis à utilização.

Unindo o procedimento metodológico sugerido por Ab'Saber, da utilização do mapa molde, à observação feita por Machado (1996), que no zoneamento poderiam estar contidas as áreas de preservação permanente, feita ao analisar a relação entre o EIA e o zoneamento ambiental, reforça-se a necessidade do conhecimento da Lei Federal n° 4.771/65 ou, como é conhecida, Código Florestal. Ao pensar-se a ocupação dos espaços territoriais, é fundamental a consideração desta ferramenta de prevenção existente na legislação ambiental.

Como mencionado anteriormente, o zoneamento ambiental, ou macrozoneamento, deve ser base à aplicação de outros instrumentos da política ambiental, tais como as áreas de proteção ambiental e a avaliação de impacto ambiental. Para Alvarenga (1997), as APA's estão entre as categorias de unidades de conservação (UC's) que tentam conciliar a manutenção da biodiversidade ao uso econômico destes espaços territoriais. Também destaca, citando Câmara (1993)[4], que a implantação da APA se dá através do zoneamento ecológico-econômico, enquanto para as demais UC's são

[4] Câmara, J.B.D. *Análise da área de proteção ambiental do Rio Bartolomeu como instrumento de planejamento e gestão ambiental.* Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília. Brasília, 1993.

elaborados planos de manejo. A Resolução CONAMA 010/88 detalha o ZEE intrínseco às áreas de proteção ambiental.

Já no contexto da AIA, destacou-se o papel do estudo prévio de impacto ambiental. O EIA pôde ter esta denominação após a Constituição Brasileira de 1988, na qual exigi-se "na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental". Antes, a Resolução CONAMA 001/86, que trata da regulamentação da avaliação de impacto ambiental, já se referia ao estudo de impacto ambiental e respectivo relatório de impacto ambiental (RIMA) como condicionantes do "licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente".

Em função de citação da palavra "prévio" pela Constituição, posterior à relativa difusão deste instrumento, alguns autores tem optado pela colocação da letra "P" na representação deste, ou seja, EPIA. No presente trabalho optou-se pela denominação com a palavra "prévio", o que reforça seu caráter preventivo de impactos, e pela abreviação EIA, já bastante difundida no meio.

Mesmo existindo alguma confusão entre os termos "avaliação de impacto", "estudo prévio de impacto" e "estudo de impacto", os dois últimos são tratados como sendo o instituto jurídico contido na Resolução CONAMA que trata da AIA. Analisando a mesma resolução, Machado (1996) mostra a necessidade do EIA considerar o zoneamento ambiental, ao enquadrá-lo na categoria de plano governamental, avaliando a compatibilidade entre suas diretrizes e o projeto. Esta ligação já está explicitada desde a primeira vez que o estudo prévio de impacto ambiental aparece no direito brasileiro. Segundo Milaré (1994), tomando como base o direito americano, a Lei Federal n° 6.803/80, que "dispõe sobre as diretrizes básicas para o zoneamento industrial nas áreas críticas de poluição", introduz a figura do EIA ao exigir "estudos

especiais de alternativas e de avaliação de impacto" para implantação de determinadas zonas industriais.

Apresenta-se como última citação a destacar o papel do zoneamento ambiental dentre os instrumentos da política ambiental, presente em Filet (1995), a condição da linha geral de implantação do Programa Estadual de Gerenciamento Costeiro do Estado de São Paulo, que segue a metodologia proposta pela coordenação do Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro. Observa Filet que um plano de gerenciamento costeiro pressupõe a execução de um macrozoneamento ambiental, o qual conterá as diretrizes de uso dos recursos naturais e de ocupação do espaço territorial. Além disto, reforçando o papel do macrozoneamento, afirma: "tanto a montagem de gestão como o plano serão o desdobramento das discussões ocorridas sobre a proposta de macrozoneamento, cujas diretrizes e regras operativas apresentam bem a dimensão das necessidades de implantação e gestão".

4.3. SIG Aplicado a Análises Ambientais

O Sistema de Informações Geográficas tem recebido várias definições de diferentes autores, mas as maiores diferenças estão apenas na inclusão, ou não, de alguns componentes, das características e das aplicações do SIG. Como síntese dessas definições pode ser citado Meulen (1992), que define o SIG como sendo um sistema computacional que combina o gerenciamento, a análise geográfica-estatística e a apresentação cartográfica de um banco de dados georreferenciados.

Eastman (1995) aponta como característica principal de um SIG, diferenciando-o dos sistemas tradicionais de gerenciamento de banco de dados, a capacidade de combinar *layers*, dados guardados como se fossem uma coleção de mapas de características geográficas diferentes, através de um processo conhecido como *overlay*, ou seja, a obtenção de um mapa a partir da sobreposição de outros. A figura (1) representa a combinação de *layers* contendo informações, com as mesmas referências geográficas, do solo e da vegetação de determinada área.

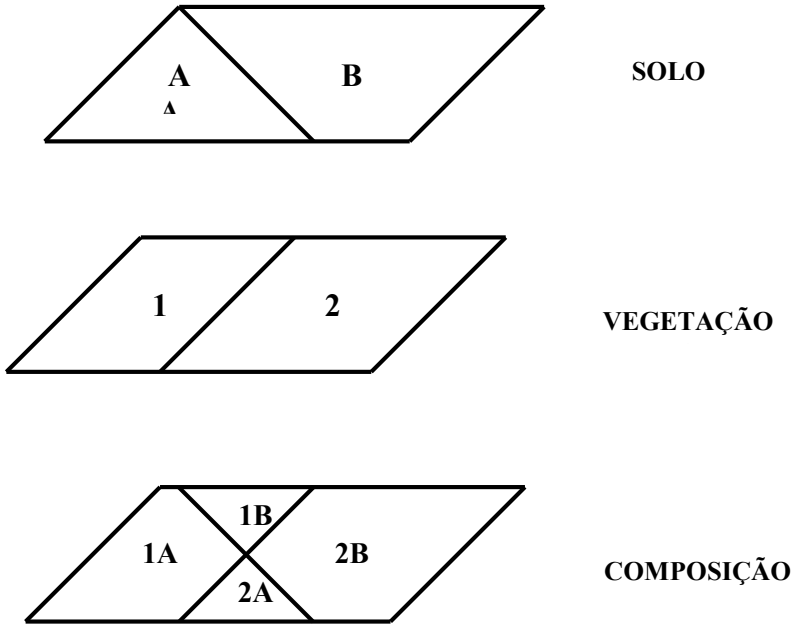

Fig. 1: *Overlay*. Adaptado de Eastman (1995).

Ainda segundo Eastman (1995), esses mapas podem conter dados espaciais (características geográficas) ou descritivos (atributos destas características), que podem ser representados de duas maneiras: *vector* e *raster*. O sistema de representação *vector* define a característica através de pontos com coordenadas (x, y), que quando ligados por segmentos de reta, representam-na graficamente. No sistema *raster*, ao contrário do *vector*, os dados espaciais e seus atributos são associados em uma base de dados única, utilizando-se uma malha de células, os *pixels* (abreviatura, no idioma inglês,

para elementos de imagem), que associada aos valores numéricos podem representar algum aspecto do ambiente da área estudada.

A base de dados é um dos principais elementos do sistema. Aliás, existe algum consenso sobre os elementos que devem compor o sistema de informações para que este seja reconhecido como SIG. Fischer e Nijkamp (1992c,d)[5], citados por Fischer (1994), consideram cinco componentes principais: banco de dados georreferenciados; componentes do *software*; componentes do *hardware*; profissionais qualificados; e contexto organizacional próprio. Sistematicamente, a figura (2) apresenta os módulos do *software* de um SIG e seu banco de dados.

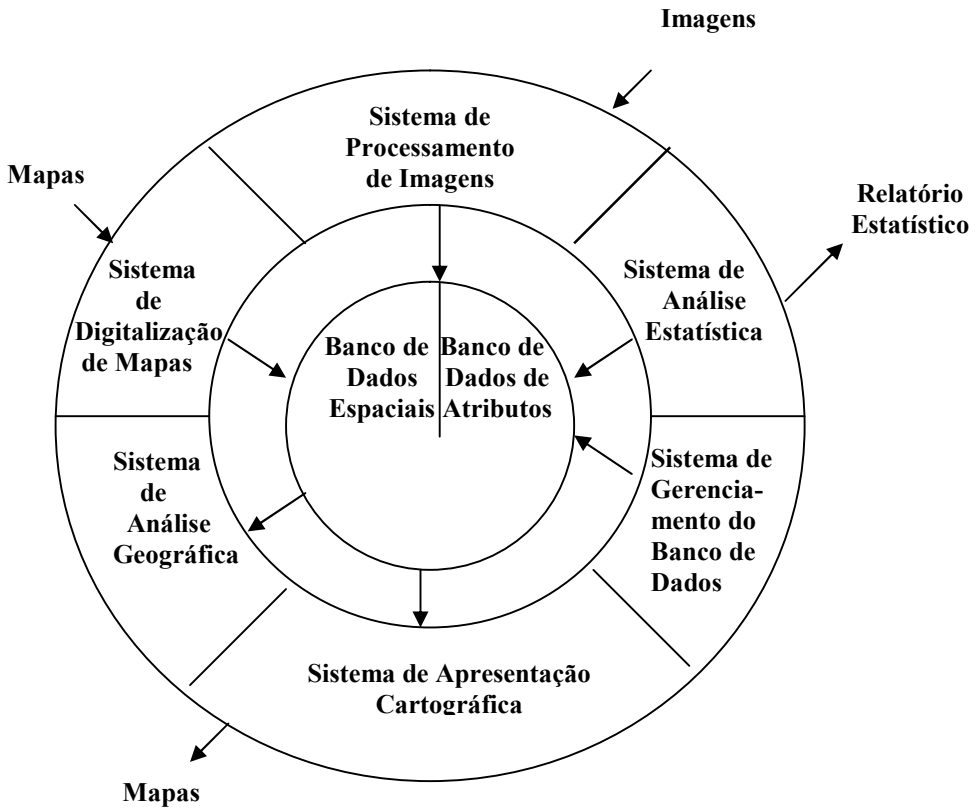

Fig. 2: Componentes do *software* e banco de dados do SIG. Adaptado de Eastman (1995).

[5] Fischer, M.M.; Nijkamp, P. Design and use of geographic information systems and spatial models. In: _____ *eds. Geographic information systems, spatial modelling and policy evalution.* Berlin, Springer, p.3-13, 1992c.
_____ Geographic information systems and spatial modelling: Potentials and gottlenecks. In: Harts J., Ottens H., Scholten H., *eds. EGIS'92 Conference Proceedings.* Utrecht, EGIS-Foundation, p.214-225, 1992d.

Destaca-se, na figura (2), a colocação do banco de dados no centro do modelo. Este papel central deve-se ao fato das operações do sistema serem totalmente dependentes da disponibilidade e qualidade dos dados. Portanto, a fim de que possíveis erros integrados à base de dados não sejam propagados aos outros constituintes do sistema, deve-se aplicar o conceito de controle de qualidade aos produtos do SIG. Para realçar um pouco mais este papel central, também vale registrar que, em relação ao custo total de implantação do SIG, estima-se em 50% o percentual relativo à geração e digitalização da base de dados, conseqüência, entre outros fatores, do muito tempo gasto nesta operação (Klosterman, 1995; Meneguette *et al.*, 1995; Strauch *et al.*, 1995).

Quanto ao desenvolvimento dos sistemas de informações geográficas, este vem ocorrendo há quase trinta anos, popularizando-se com o atual avanço tecnológico da área computacional. Como evolução de sua utilização, observa-se seu surgimento na década de sessenta associado ao geoprocessamento, nos anos setenta como instrumento de gerenciamento de informações geográficas e na última década, devido ao volume de dados e a grande variedade de situações, vem-se desenvolvendo como um sistema suporte nas tomadas de decisões.

Hoje, o SIG pode ser visto como um caso especial de sistema de banco de dados, sendo considerado um sistema de informação computacional que adquire, guarda, manipula e mostra dados referidos espacialmente, para resolver problemas complexos em pesquisas, planejamento e gerenciamento (Fischer, 1994). Isto pode ser observado em Kliskey (1995), quando num processo de planejamento, situa o SIG no estágio estratégico, apresentado na figura (3).

Problemas complexos em estudos e planejamento são encontrados fartamente no contexto das questões ambientais, assim sendo, as colocações

mencionadas, feitas por Fischer (1994), apontam a tendência de utilização do SIG na gestão do meio ambiente. Kliskey (1995) também enfatiza a condição do SIG em resolver problemas ambientais, afirmando sua capacidade de projetar cenários e de facilitar a análise do meio ambiente e de suas mudanças. Tudo isto em função da facilidade do sistema em manipular dados.

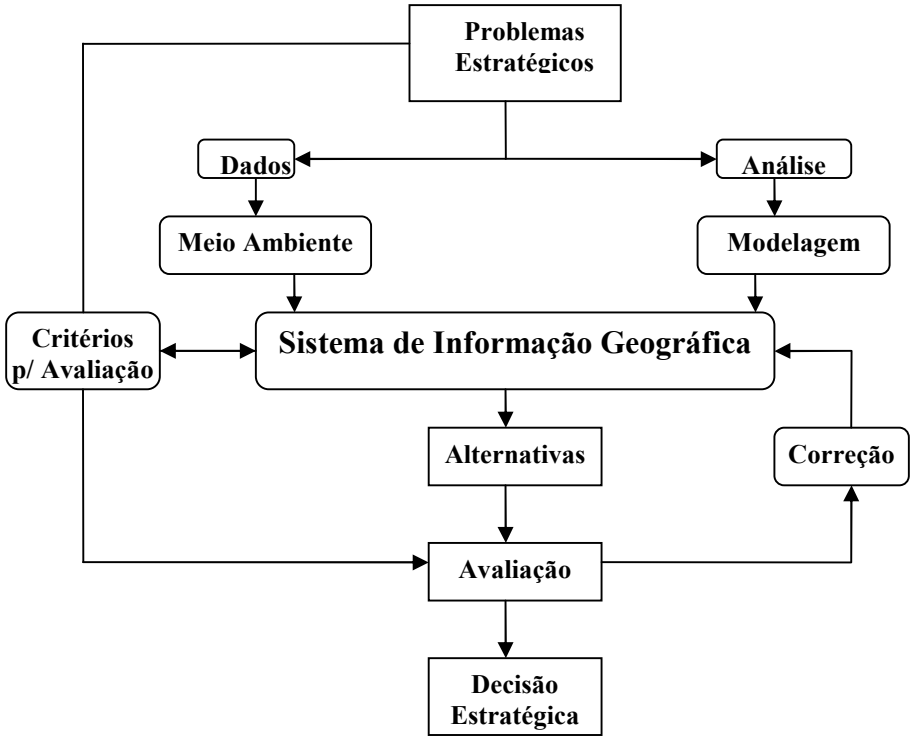

Fig. 3: A função do SIG no processo de planejamento. Adaptado de Kliskey (1995).

Esta facilidade, de analisar e manipular informações a respeito do meio ambiente, o SIG consegue graças à sua capacidade de integrar tecnologias, tais como a cartografia digital, o gerenciamento de banco de dados e o processamento digital de imagens, aplicadas à um conjunto interdisciplinar do conhecimento científico. Assim sendo, deve ser empregado como instrumento de apoio no gerenciamento de recursos naturais (Meneguette *et al.*, 1995; Strauch *et al.*, 1995).

Exemplos desta aplicação já são encontrados em diversas metodologias envolvendo a área ambiental e vão desde a solução de questões pontuais, como aquelas envolvendo a localização de atividades, até as mais complexas, como o planejamento (Schaller, 1992). Exemplificando o primeiro caso, Renuncio *et al.* (1995) utilizam metodologia para a implantação de reservatório de água na qual são integrados o cadastro de informações da terra e a modelagem em SIG, a fim de ser obtida, de forma preliminar, a viabilidade técnica da localização da represa. O segundo exemplo já foi citado anteriormente: Método Automático de Steinitz da Universidade de Havard, que aplica o SIG, com o *software* Ingrid, ao planejamento territorial.

Também deve ser destacada a necessidade de fácil acesso à informação, e várias abordagens sobre estudos e análises ambientais citam a necessidade da sistematização dos dados levantados e analisados[6], inclusive sob a forma de um banco de dados computadorizado. Portanto, seria de grande utilidade à sociedade a criação do sistema nacional de informações sobre o meio ambiente, já relacionado entre os instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente. Nesta linha, Bechmann e Hartlik (1994) relatam a experiência alemã de otimização na aplicação das análises de impacto ambiental, através dos sistemas de informação especializada UVP/IBN (UVP é a sigla no idioma alemão para EIA), e esta rede de informações contempla, mesmo que de forma pouco destacada, a utilização do SIG.

Outro exemplo de aplicação do sistema de informação geográfica é observado em Teubner (1993), que propõe uma metodologia para o

---

[6] i. Almeida, J.R. *et al*. (1993): descrevendo os objetivos do programa de ZEE.
ii. Tommasi, L.R. (1993): fazendo recomendações, a partir de dificuldades encontradas, para a realização de estudos de impacto ambiental.
iii. Foresti, C. e Hamburger D. S. (1995): abordando a aplicação do sensoriamento remoto ao estudo do uso do solo urbano.
iv. GTE (1995): identificando as questões sócio-ambientais mais relevantes para a região do macrozoneamento das bacias dos rios Moji Guaçu, Pardo e Médio Grande.
v. Maglio, I.C. (1995): relacionando os problemas verificados na aplicação do EIA/RIMA no Brasil

macrozoneamento costeiro, o qual é definido como sendo o zoneamento ambiental das vocações de usos das áreas costeiras. O trabalho foi concebido a partir da metodologia de gerenciamento desenvolvida para a execução do Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC). Foi escolhido o *software* SPANS para integrar o SIG, constituinte do método descrito a seguir:

1. Definição do problema a ser estudado e formulação de hipóteses;
2. Escolha do *software* a ser utilizado;
3. Definição da área teste;
4. Digitalização das cartas temáticas;
5. Importação dos dados para o SIG;
6. Geração das cartas temáticas;
7. Elaboração do modelo de manipulação das informações temáticas;
8. Comparação dos resultados.

Na relação das etapas do método, no quinto item, o autor confunde o sistema com o *software* utilizado por este. O SPANS é um dos componentes do SIG, que pode ser conhecido pela denominação correspondente à seu *software*, talvez isto leve à frase "importação dos dados para o SIG", mas a digitalização destes dados já é parte integrante do sistema, o qual também possuí, como já referido anteriormente, banco de dados, *hardware* e profissionais trabalhando com um contexto organizacional próprio.

5. Estudo de Caso

Este estudo, sendo base às principais considerações do trabalho, ajuda a alcançar os objetivos propostos. E mesmo limitado a um caso, deve evitar falsas generalizações ao manter-se fiel à metodologia estabelecida.

5.1 Área de Estudo

A área para o estudo de caso foi escolhida levando-se em consideração a existência de mapas disponíveis, em escalas compatíveis com a finalidade do trabalho, a importância da cidade de Ribeirão Preto, referência do desenvolvimento regional, e a existência de informações recentes dos trabalhos de macrozoneamento, conforme Lei Estadual n° 7.641/91, e de zoneamento ambiental, desenvolvido pela Secretaria Municipal do Meio Ambiente de Ribeirão Preto (SMMA). Os mapas digitalizados se encontravam nas escalas 1:50.000 ou 1:100.000, usadas, com base em Santos (1986), para planejamento territorial com semi-detalhamento, possibilitando a identificação de fatores ou características predominantes.

A figura (4) representa esquematicamente, em coordenadas UTM[7], a região onde se localiza a área de estudo, cujo limite segue a divisa da cidade de Ribeirão Preto.

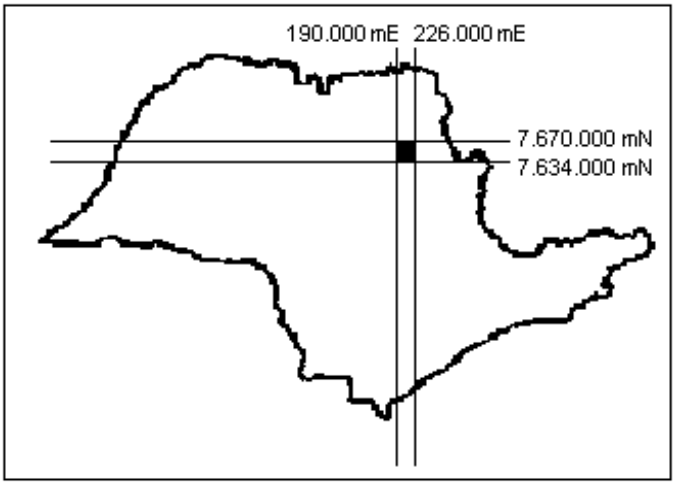

Fig. 4: Região da área de estudo.

5.2. Aquisição de Dados

Foram criados mapas digitais contendo informações sobre pedologia, topografia, geologia, vegetação natural, hidrografia e infra-estrutura. Estas informações básicas digitalizadas encontram-se no apêndice, sendo que, como subproduto da topografia da área, o que se apresenta são os intervalos de declividades do terreno, subsídios às operações necessárias à obtenção dos resultados.

[7] Coordenadas que formam um quadriculado com linhas eqüidistantes, cujas medidas são números inteiros expressos em metros. O sistema de quadriculados UTM está relacionado à Projeção Universal Transversa de Mercator, ou Projeção UTM, daí advém seu nome (Santos, 1986).

Os mapas fontes, base para o banco de dados, foram adquiridos ou requeridos das instituições públicas, conforme relação a seguir:

· mapa pedológico na escala 1:100.000, folha Ribeirão Preto, do Instituto Agronômico/SP;

· mapa planialtimétrico na escala 1:50.000, folhas Ribeirão Preto, Serrana, Cravinhos e Bonfim Paulista, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE);

· mapa geológico na escala 1:100.000, folha Ribeirão Preto, do Departamento de Geotecnia da USP/São Carlos;

· mapa de vegetação natural na escala 1:50.000, folhas Ribeirão Preto, Serrana, Cravinhos e Bonfim Paulista, do Departamento Estadual de Proteção de Recursos Naturais da SMA/SP (DEPRN).

Algumas das informações básicas digitalizadas constam dos mapas citados, apesar de não serem o objeto principal de seu tema. No caso do levantamento planialtimétrico do IBGE, além das curvas de nível, foi digitalizada a hidrografia da região. Da mesma maneira, do levantamento pedológico do Instituto Agronômico foi digitalizada a infra-estrutura regional, com algumas atualizações, a saber: eliminação de trechos ferroviários, identificação de estradas já pavimentadas e ampliação do perímetro urbano de Ribeirão Preto até o limite do anel viário.

Na digitalização do mapa geológico optou-se pelo agrupamento, em um único identificador, das formações Botucatu e Pirambóia. Esta caracterização é usualmente encontrada na literatura e nos estudos ambientais, apesar de existirem mapas mostrando a separação das duas formações, inclusive o utilizado, e de prevalecer a opinião de que a formação Botucatu é a que exige maiores cuidados no tocante a percolação de poluentes. Especificamente na região de estudo, a presença da formação Pirambóia é mínima, podendo-se até desconsiderá-la para o município de Ribeirão Preto.

5.3. Resultados Obtidos e Discussão

Neste item, a partir dos cenários gerados, aqui entendidos como sendo a representação das possibilidades de manejo ou uso de determinadas áreas, são apresentados aspectos envolvendo o macrozoneamento da região de Ribeirão Preto, que exemplificam o quanto este instrumento oferece alternativas para o planejador ambiental traçar caminhos e eleger prioridades factíveis com a visão sistêmica do meio, própria do desenvolvimento ecologicamente equilibrado.

Sendo este o objetivo, os critérios adotados na consideração dos fatores ambientais tiveram uma preocupação muito mais qualitativa, fundamentada em diversas referências, do que quantitativa. Além disto, as considerações feitas aqui procurarão demonstrar as facilidades oferecidas pelo ambiente SIG à operação de informações com referências geográficas.

Neste contexto, optou-se pelo não detalhamento das operações efetuadas no Idrisi, abordando-se apenas aspectos que revelassem a simplicidade na obtenção dos resultados finais a partir da base de dados já digitalizada, sendo prova disto a pequena quantidade de módulos utilizados do *software*. Esta facilidade também será encontrada numa eventual mudança dos atributos associados aos dados espaciais.

5.3.1. Usos e Características Ambientais - Ribeirão Preto

Este mapa, ou plano de informações, ilustra algumas características relevantes no processo de zoneamento ambiental, tais como, infra-estrutura, hidrografia, vegetação natural, formações geológicas e aspectos legais. Sua

confecção inspira-se no Zoneamento Ambiental de Ribeirão Preto (SMMA, 1996), a fim de exemplificar as facilidades encontradas no ambiente SIG quando da manipulação de dados ambientais georreferenciados.

A obtenção das informações deveu-se a composição, utilizando os módulos *Crosstab* e *Reclass* do Idrisi, de alguns mapas digitalizados, e de outros gerados a partir destes, casos da linha demarcatória do divisor de águas dos rios Pardo e Moji Guaçu, obtida do mapa planialtimétrico, da região de várzea, solos hidromórficos e cambissolo do mapa pedológico, e das faixas de proteção dos corpos d'água, criado a partir do mapa hidrográfico.

Detalhando a geração destes planos, para o caso das faixas marginais de proteção, citam-se a Resolução CONAMA 004/85 e o Código Florestal, Lei Federal n° 4.771/65 e alterações, como determinantes das distâncias medidas a partir das margens dos corpos d'água onde ficam restringidas as atividades antrópicas. Assim, aplicaram-se: 30 m nos cursos d'água com menos de 10 m de largura; 50 m nos lagos e represas com menos de 20 ha de superfície; 100 m para o rio Pardo (curso d'água com mais de 50 m de largura).

O divisor de águas dos rios Pardo e Moji Guaçu foi determinado unindo-se, no arquivo *vector*, as maiores altitudes da região divisória através de linha perpendicular às curvas de nível. Para a região de várzea, adotaram-se as áreas ocupadas pelos solos dos tipos hidromórfico e cambissolo, relacionados, no Macrozoneamento do GTE, entre os solos dominantes das várzeas da região. O resultado está representado pela figura (5).

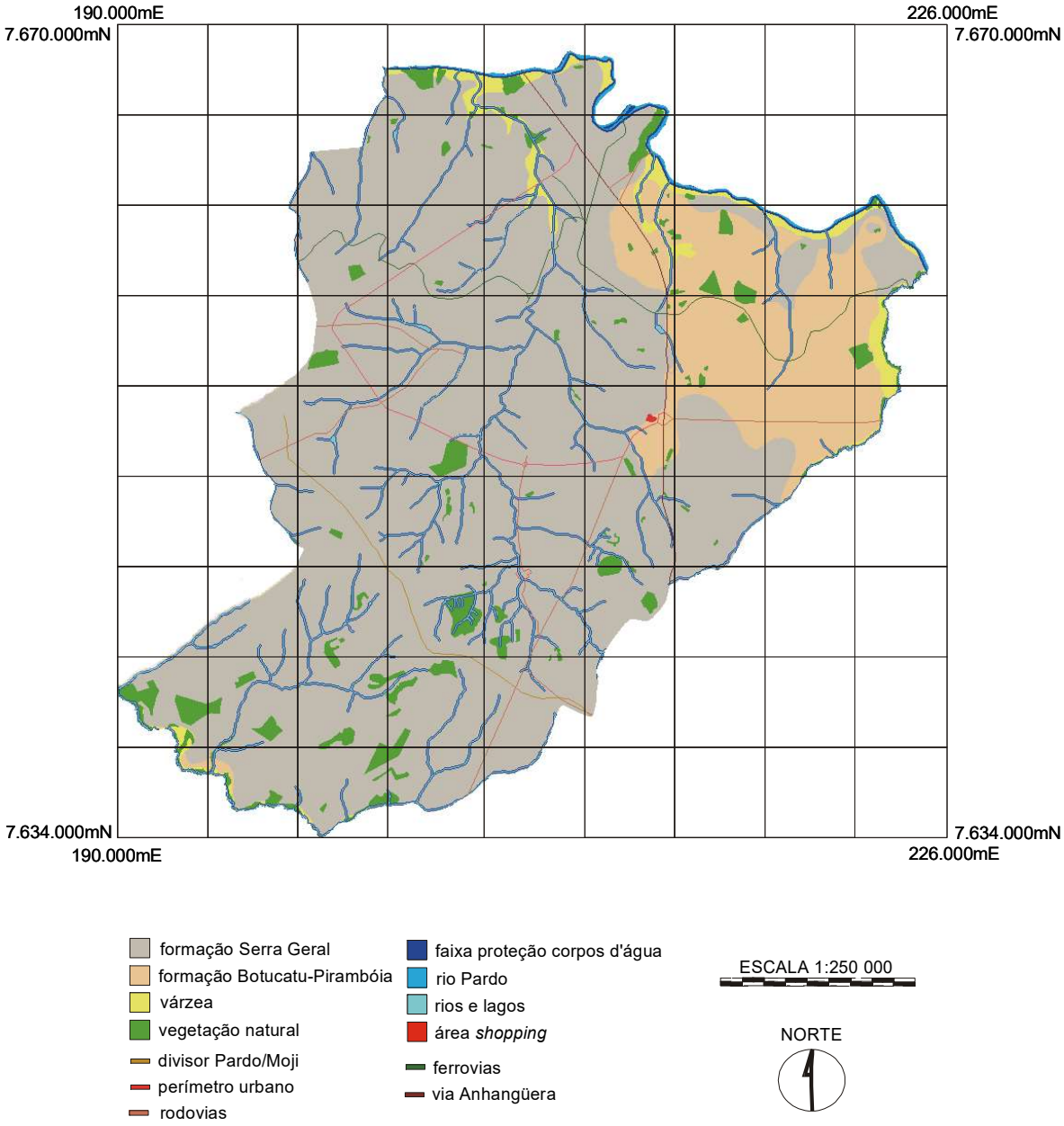

Fig. 5: Usos e características ambientais - Ribeirão Preto.

O maior mérito deste plano de informações é demonstrar a otimização alcançada ao se obter o zoneamento ambiental, considerado como divisão da região em zonas normativas dos seus usos e ocupações, quando já se possui o banco de dados digitais em sistema adequado ao processamento destas informações. Valendo-se de poucas operações, os profissionais têm disponível a base de dados, aspectos físicos e antrópicos do meio, a partir da qual, também aplicados os dispositivos jurídico-institucionais, o uso e a ocupação do solo passam a ter um indicativo ambiental.

Neste caso, observando-se a determinação constitucional que obriga os municípios com mais de vinte mil habitantes a executar um plano diretor, mesmo este sendo mais que o zoneamento, fica clara a vantagem dos municípios que, obrigados a executar o disciplinamento territorial, já possuírem as informações das aptidões de suas regiões. Em particular, a divisão em zonas ambientais adotada pela SMMA - zona de proteção máxima, zona de uso especial e zona de uso disciplinado - tem contemplada aqui grande parte das características utilizadas na definição de seus limites e dos diferentes usos.

5.3.2. Risco de Erosão

Outro mapa gerado foi o de risco de erosão, tomando como base Ranieri (1996), cujo trabalho define este termo como sendo “a suscetibilidade do solo ao processo erosivo, levando-se em consideração o uso atual da terra”, e no qual faz a avaliação qualitativa preliminar deste risco considerando a declividade, o tipo e a cobertura do solo. Também cabe citar a definição do

termo erosão, dada por Bertoni e Lombardi (1993): "erosão é o processo de desprendimento e arraste acelerado das partículas do solo causado pela água e pelo vento".

O plano de informações contendo os intervalos das declividades foi obtido calculando-se os valores pontuais destas declividades, através da interpolação e do tratamento dos dados do mapa planialtimétrico, feitos com os módulos *Intercon*, *Filter* e *Surface*/*Slope*, e *reclass*ificando-os em intervalos, utilizando o módulo *Reclass*. Os intervalos adotados diferem do trabalho tomado como base, sendo adaptados às classes de declividade limitantes do trabalho agrícola, discriminadas em Marques (1971)[8] e citadas por Bertoni e Lombardi (1993). Para a cobertura do solo foram tomados os valores referentes à cultura anual, por ser esta a situação crítica, devido ao tempo de exposição direta do solo à chuva e ao vento. Assim sendo, utilizando o módulo *Crosstab*, o mapa contendo a classificação das áreas em baixa (B), média (M), alta (A) e muito alta (MA), relativa ao risco de erosão, foi gerado conforme tabela (1) e é mostrado na figura (6).

Tab. 1: Risco de erosão.

declividade / tipo de solo	0-2,5%	2,5-5%	5-12%	12-25%	>25%
LR + LE + LV + TE	B	B	M	A	MA
AQ	M	M	A	MA	MA
Li	M	A	MA	MA	MA

Fonte: Adaptado de Ranieri (1996).

[8] Marques, J.Q.A. *Manual brasileiro para levantamento da capacidade de uso da terra: 3ª. aproximação.* Escritório Técnico Brasil-Estados Unidos (ETA), 1971.

Onde: · LR - latossolo roxo;

· LE - latossolo vermelho escuro;

· LV - latossolo vermelho amarelo;

· TE - terra roxa estruturada;

· AQ - areia quartzosa profunda;

· Li - solos litólicos.

Observa-se nas metodologias envolvidas na determinação dos impactos ambientais provocados pela instalação de atividades, que estas consideram o risco de erosão, de maneira direta ou indireta, na ponderação do dano provocado no solo pela mudança de cobertura. Da mesma forma, a legislação ambiental dispensa ênfase à matéria, seja tratando do parcelamento do solo urbano, seja criando normas à ocupação de áreas rurais. Isto se justifica à medida que a erosão do solo está entre os principais fatores de seu esgotamento.

As autoridades responsáveis pelo licenciamento de atividades potencialmente poluidoras, quando a interferência na paisagem significa uma mudança nos fatores naturais de proteção do solo, exigem estudos técnicos dos empreendedores, dentre os quais a avaliação do processo de erosão ocupa lugar de destaque.

Mesmo podendo ser considerado preliminar, em função da escala de trabalho e do estudo ser apenas qualitativo, também existe o aspecto quantitativo do processo erosivo, a facilidade de obtenção e a freqüência de utilização, inclusive na geração das outras informações deste trabalho, atestam o valor do resultado deste diagnóstico.

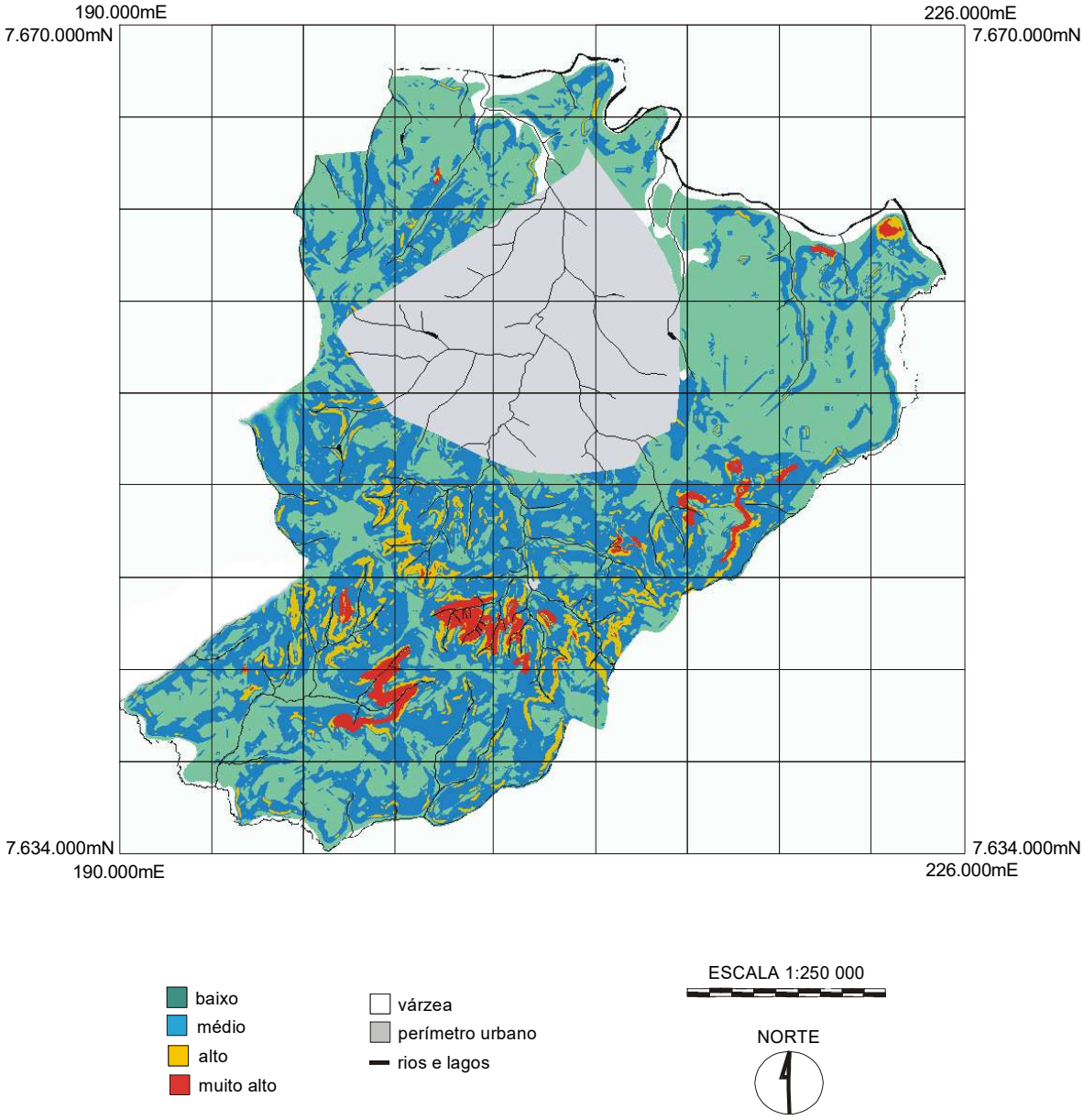

Fig. 6: Risco de erosão.

5.3.3. Potenciais Usos

O mapa que contém áreas classificadas segundo seus potenciais usos é uma das concepções do que seria um macrozoneamento. Considerado nestes termos, este plano de informações pode exercer, dentre outros fatores ponderados, papel determinante na execução do EIA/RIMA, definindo os locais alternativos para instalação de uma atividade. Poderá também ser útil no caso do gerenciamento da APA, pois mesmo optando-se pela divisão em zonas normativas de atividades antrópicas, modo tradicional de zoneamento, esta só poderá existir se forem conhecidas as aptidões ambientais regionais.

Ressaltando esta importância no processo de macrozoneamento, detalhou-se este tópico com a seguinte subdivisão:

5.3.3.1. Potencial Agrícola

As áreas definidas neste mapa são classificadas, quanto ao potencial ambiental para a prática agrícola, em: muito baixo (MB); baixo (B); médio (M); alto (A). Esta classificação foi determinada cruzando-se, através do *Crosstab*, as informações dos mapas geológico e de risco de erosão, conforme tabela (2).

Tab. 2: Potencial agrícola.

risco de erosão / formação geológica	baixo	médio	alto	muito alto
Botucatu/Pirambóia	M	M	B	MB
Serra Geral	A	M	B	MB

A classificação levou em consideração a maior probabilidade de ocorrência de percolados na formação Botucatu/Pirambóia, o que acarreta problemas advindos da infiltração de agrotóxicos e fertilizantes, com possível comprometimento da água subterrânea, e a perda de solo em locais com alto risco de erosão sem cobertura de vegetação natural.

Das áreas resultantes foram retiradas aquelas consideradas restritivas, seja do ponto de vista legal ou ambiental. No módulo *Overlay*, com identificador zero para as áreas restritivas e 1 (um) para as restantes, multiplicou-se os mapas contendo as faixas de proteção dos corpos d'água, as várzeas, a vegetação natural e o perímetro urbano, pelo mapa classificatório resultante da aplicação da tabela (2). Obteve-se então a figura (7).

Embora no Brasil, na maioria das vezes, a figura do planejador só seja solicitada para execução de planos de desenvolvimento urbano, e a ocupação primeira das regiões ter-se dado através da exploração agrícola da terra, o necessário reordenamento desta ocupação demanda uma avaliação da verdadeira vocação regional, tendo como contrapartida, políticas públicas de fortalecimento de regiões notadamente agrícolas.

Outra utilidade, na identificação deste potencial, é a segurança dada aos empreendimentos privados, mesmo para os de pequeno e médio porte. O grande desafio, posto àquele que vive da terra, consiste no improvável controle da natureza, assim sendo, a atividade rural desenvolvida na região avaliada como ambientalmente favorável possui muitas vantagens, que para serem superadas em regiões avaliadas negativamente, gerarão um custo financeiro alto, com risco de geração de impactos ambientais negativos também grandes.

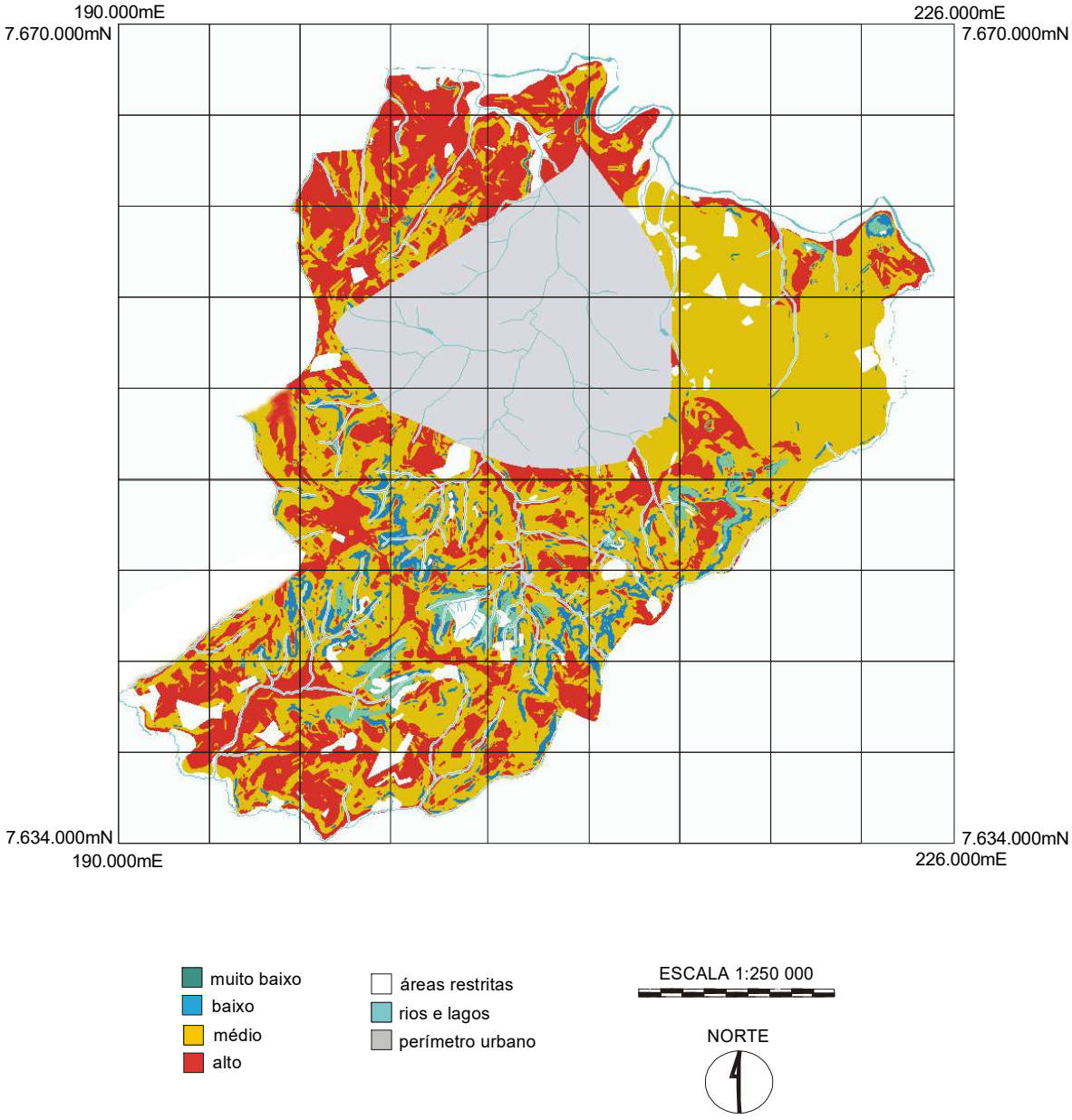

Fig. 7: Potencial agrícola.

5.3.3.2. Potencial Industrial

A potencialidade do local para a instalação de indústrias foi considerada de duas maneiras: o Potencial Ambiental para Indústrias, mais abrangente e interessante do ponto de vista da sustentabilidade do ambiente, pois considera apenas a capacidade de suporte do meio ambiente, aponta áreas nas quais os impactos negativos provocados pela atividade industrial seriam melhores absorvidos; já o plano de informações mais específico, denominado Potencial para Indústrias, une aos fatores ambientais alguns outros de infra-estrutura, que tendem a expressar as facilidades de implantação do empreendimento em termos econômicos.

5.3.3.2.1. Potencial Ambiental para Indústrias

Os fatores ambientais ponderados na obtenção deste mapa foram os fatores físicos que indicam a capacidade de assimilação, pelo meio ambiente, do impacto negativo da atividade industrial. Estes aparecem relacionados nas metodologias utilizadas para a localização de indústrias citados em Tommasi (1994), e são: declividade do terreno, tipo de solo e formação geológica.

A pontuação atribuída aos diferentes constituintes dos fatores obedeceu a critério próprio quanto à magnitude, mas seguiu um ordenamento compatível às das metodologias citadas. Nas tabelas (3), (4) e (5) encontram-se os valores atribuídos.

Tab. 3: Pontuação atribuída à declividade.

Declividade	0 - 5 %	5 - 12 %	12 - 25%	> 25%
pontos	5	3	2	1

Tab. 4: Pontuação atribuída ao tipo de solo.

Tipos de solo	latossolos/terra roxa	areia quartzosa	solos litólicos
pontos	5	3	2

Tab. 5: Pontuação atribuída à formação geológica.

Formação geológica	Serra Geral	Botucatu/Pirambóia
pontos	5	2

A partir desta pontuação, utilizando-se os módulos *Overlay* e *Reclass*, executaram-se multiplicações e reclassificações sucessivas, até a classificação das áreas referentes aos potenciais muito baixo, baixo, médio e alto. Da mesma forma que no mapa de potencial agrícola, foram restringidas algumas áreas, quais sejam: ocupadas com vegetação natural, internas ao perímetro urbano, coincidentes com as várzeas e situadas nas faixas de proteção dos corpos d'água. Com relação a estas últimas, a distância marginal mínima aos corpos d'água foi adotada igual a 200 m, baseada em portaria ministerial referente à prevenção de poluição hídrica - Portaria Minter n°124 de 1980.

Após essas operações, chegou-se à representação da figura (8), a qual é extremamente útil ao planejador que deseja criar um novo polo industrial como forma de indução de crescimento, planejando a oferta de infra-estrutura e evitando que a implantação da atividade traga custos adicionais. Mas, além disso, o grande salto qualitativo pode ser dado quando, em detrimento de infra-estrutura já existente, pode-se evitar a ocupação de áreas ambientalmente frágeis à atividade industrial.

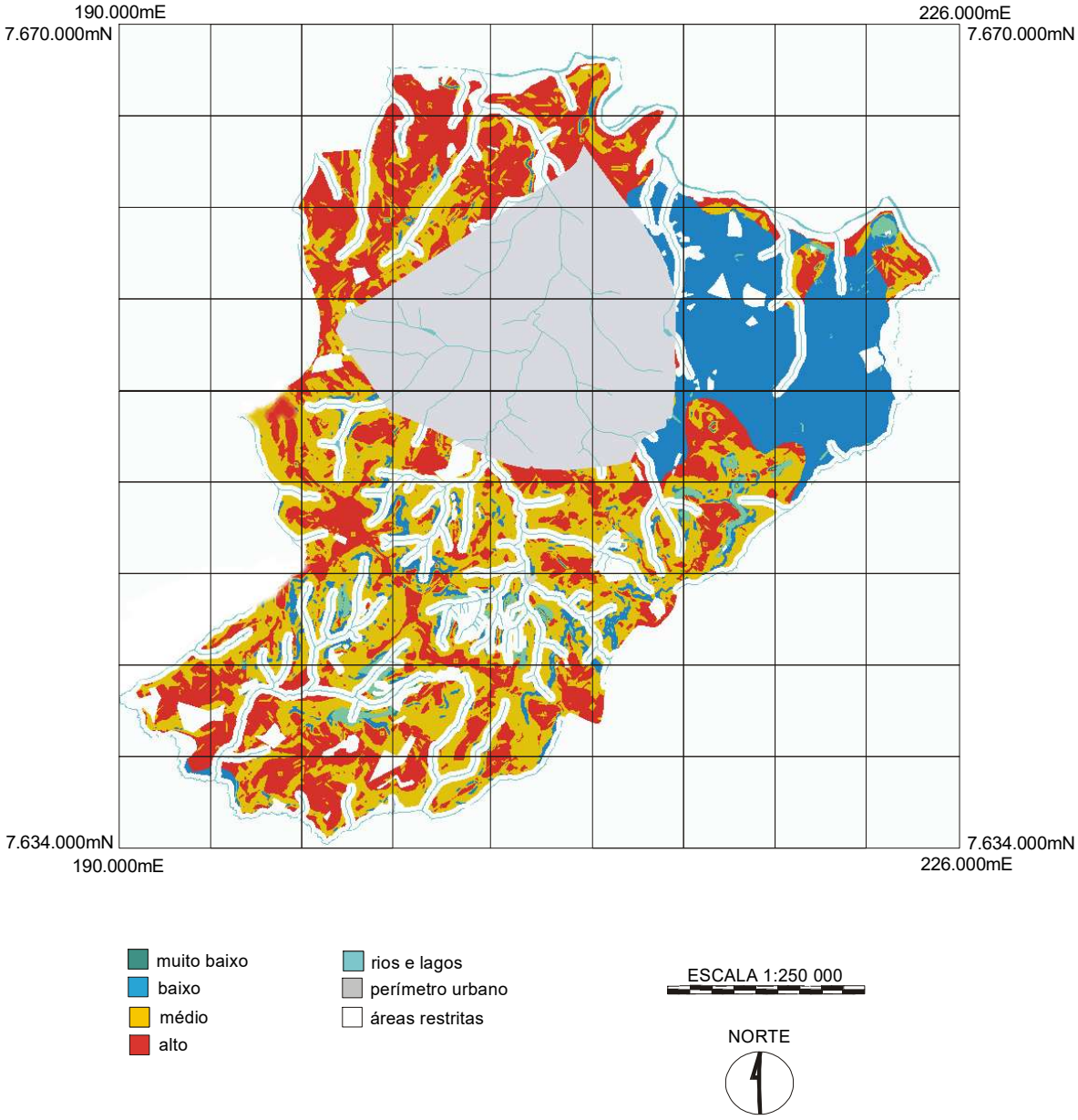

Fig. 8: Potencial ambiental para indústrias.

5.3.3.2.2. Potencial para Indústrias

Tendo como base o potencial ambiental para localização de indústrias, e adaptando as metodologias existentes à realidade deste trabalho, executou-se uma série de operações a fim de se obter a graduação das áreas considerando suas dimensões e as facilidades de infra-estrutura para suas utilizações.

Como primeira etapa, descartaram-se todas as áreas menores que 20 ha, tamanho considerado adequado à implantação de distrito industrial contendo oitenta indústrias, com tamanho médio de 2.500 m^2 cada lote. O valor médio considerado é classificado como grande pelas metodologias já citadas, e o número de indústrias adotado procura refletir a realidade regional observada em atual processo de implantação de distrito industrial na cidade de Ribeirão Preto. Nesta etapa, utilizaram-se os módulos *Group* e *Area*.

Na etapa seguinte, a infra-estrutura determinou a eliminação de todas as áreas que não apresentassem rodovias ou ferrovias próximas. Em termos práticos, faixas com larguras de 1 (um) e 0,5 (meio) quilômetro foram criadas para rodovias e ferrovias respectivamente – de maneira análoga àquela das faixas dos cursos d'água – e sobrepostas ao resultado da etapa anterior, através do *Crosstab*. Nas áreas cuja sobreposição resultou positiva, manteve-se a classificação final dada pela pontuação da etapa anterior. Para as áreas cuja sobreposição indicou estarem fora dos *buffers*, houve a "eliminação" destas. O *Reclass* possibilitou a classificação dos potenciais em muito baixo, baixo, médio e alto, distribuídos conforme figura (9).

O resultado alcançado serve ao empreendedor que deseja evitar os custos futuros com medidas mitigadoras de poluição, também àquele que valoriza a minimização dos custos preliminares com infra-estrutura e, principalmente, àquele cujas metas pretendem contemplar os novos objetivos do desenvolvimento dito sustentável.

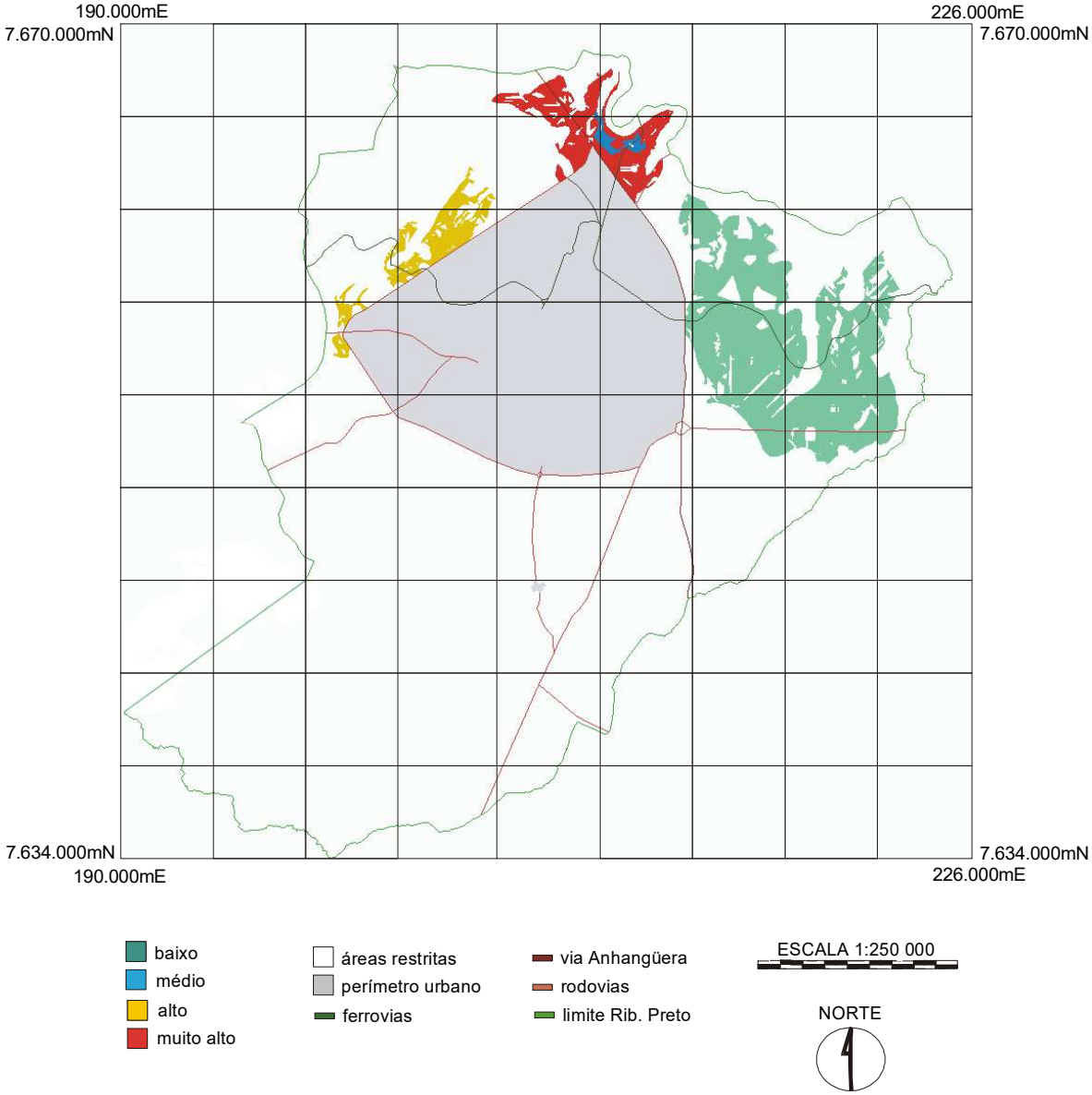

Fig. 9: Potencial para indústrias.

Fato revelador, se comparado este cenário ao anterior, foi a expressiva concentração locacional das possibilidades de ocupação quando levadas em consideração as facilidades estruturais, característica supervalorizada ao se planejar o ordenamento territorial. Isto deixa clara a distorção que pode ocorrer ao se pensar apenas o curto prazo ou ao se restringir a análise, implicando assim uma possível inversão de valores. Ou seja, regiões com vocações ambientais as mais diversas são subaproveitadas em detrimento de "piores" alternativas econômicas de locação industrial.

5.3.3.3. Potencial à Expansão Urbana

Na obtenção deste mapa considerou-se as condições geológicas e a declividade como fatores determinantes do potencial urbano da área a ser ocupada. O *Crosstab* possibilitou o cruzamento das informações pertinentes conforme tabela (6), levando à definição do potencial de ocupação das áreas em muito baixo (MB), baixo (B), médio (M) e alto (A).

Tab. 6: Potencial urbano.

declividade / formação geológica	0-5%	5-12%	12-25%	>25%
Botucatu/Pirambóia	M	B	B	MB
Serra Geral	A	M	B	MB

A escolha dos fatores deveu-se aos efeitos negativos associados, ou seja, a erosão em terrenos com alta declividade ocupados sem tratamentos adequados, e a fragilidade da formação geológica no que se refere à possível poluição do aqüífero subterrâneo. Com relação às restrições de ocupação aplicam-se as mesmas utilizadas na determinação das áreas com potencial agrícola, acrescentando a restrição legal de não edificação ao longo das rodovias e ferrovias, Lei Federal n° 6.766/79, numa distância de quinze metros. Observamos o resultado destas operações na figura (10).

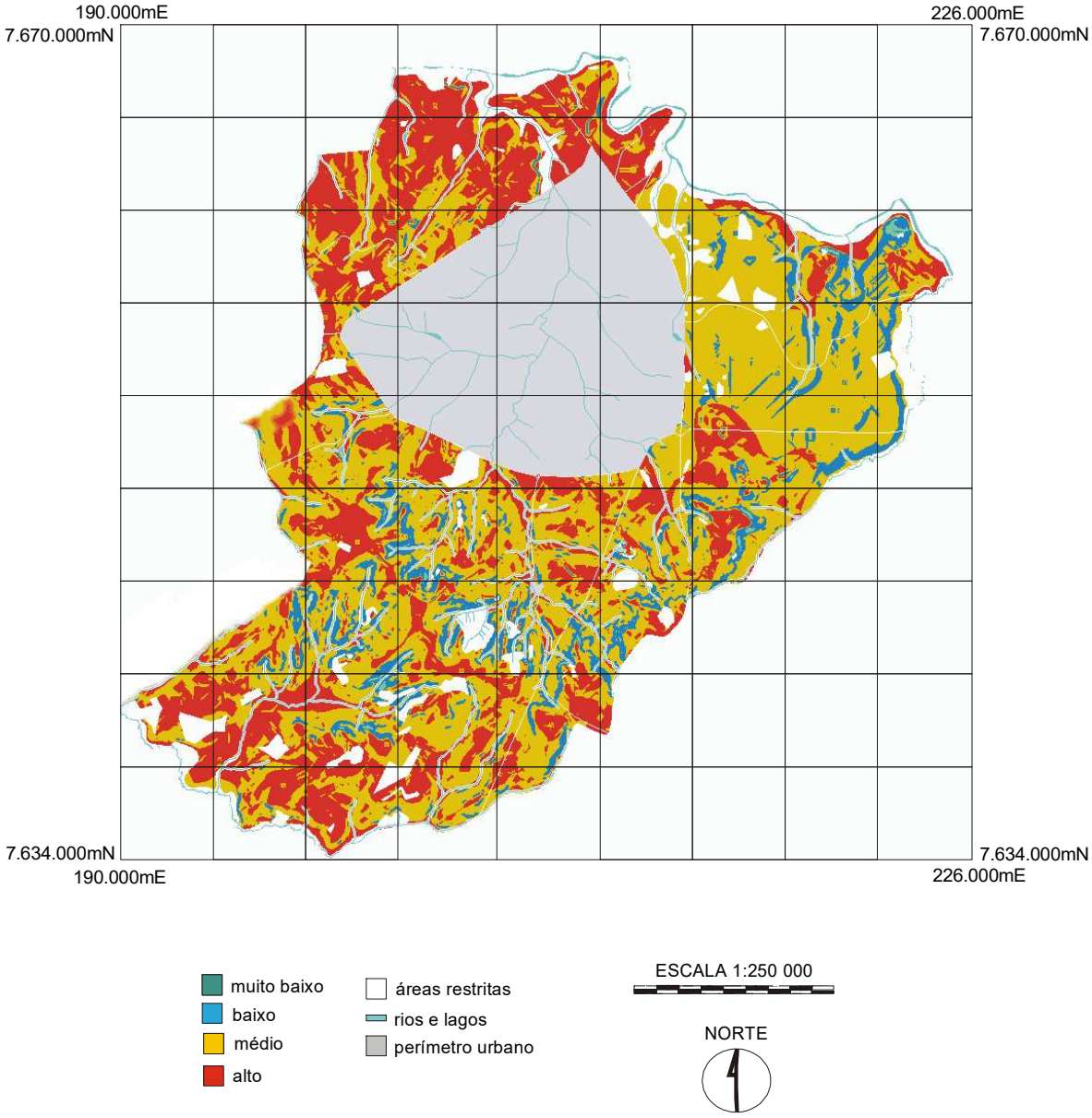

Fig. 10: Potencial à expansão urbana.

O crescimento desordenado das cidades é uma das características marcantes no histórico das urbes brasileiras, apesar de, como mencionado anteriormente, o disciplinamento do uso do solo urbano ser o precursor do zoneamento. Este fato já justifica a importância da definição de áreas com alto potencial para a expansão urbana.

Outra característica do parcelamento do solo urbano é que este se dá muito mais por pressões econômicas, vide especulações imobiliárias, do que pelo ordenamento racional da cidade. Esta realidade pode ser alterada com maior facilidade se o planejador urbano puder antecipar estas ocupações, convencendo os atores envolvidos das vantagens em se utilizar áreas diagnosticadas positivamente do ponto de vista ambiental, o que evitará transtornos, não só para quem está sendo diretamente afetado, mas para toda a coletividade, que acaba sofrendo as conseqüências dos impactos causados pela ocupação irregular de uma área.

5.3.4. Potenciais Conflitos de Uso dos Solos Rural e Urbano

Os conflitos tratados nesses mapas restringiram-se à possível utilização de áreas contendo remanescentes de vegetação natural, não significando, porém, a minimização de outros conflitos recorrentes na ocupação do solo, caso das pressões sobre as áreas de mananciais e várzeas.

Qualquer região em crescimento tem a pressão sobre seus recursos naturais também aumentada, seja pela demanda de matéria prima, função do maior consumo de energia, seja pela necessidade da exploração de novos espaços territoriais. Os remanescentes de vegetação natural estão entre esses recursos, e considerando a porcentagem mínima de área com cobertura natural na região estudada, sendo fácil antever os conflitos entre alguns segmentos

sociais para se definir a preservação destas áreas, ou como devam ser exploradas. A identificação das áreas aumenta sobremaneira as chances de evitarem-se os conflitos.

5.3.4.1. Potencial Conflito de Uso do Solo Rural

São identificados neste cenário os remanescentes de vegetação natural localizados em solo com baixo risco de erosão fora do perímetro urbano, atrativo à exploração agrícola. Além disso, o mapa permite o diagnóstico das áreas que demandam um maior cuidado quanto à sua averbação, possibilitando, inclusive, a sistematização da atuação das autoridades competentes no sentido de se tentar uma negociação que possibilite ao proprietário a exploração de determinadas áreas mediante a conservação de outra de maior interesse ecológico, ato já previsto em lei, quando se trata da averbação de reserva legal, e que pode ser utilizado no intuito de se preservar a vegetação existente.

Para os remanescentes localizados na zona rural a pressão é maior quanto maior for o potencial comercial das terras por eles ocupadas. Traduzindo este potencial em termos de risco de erosão (baixos riscos implicam baixos custos adicionais de exploração), pode-se concluir que a ação das pessoas interessadas em manter o mínimo de vegetação natural existente na região deve-se voltar prioritariamente para a adoção de medidas que garantam a preservação das áreas com essas características.

O resultado foi alcançado através da simples sobreposição dos mapas de risco de erosão e de vegetação natural, utilizando-se o *Crosstab*, e nova identificação, com o *Reclass*. A figura (11) é a representação do plano de informações que contém o produto destas operações.

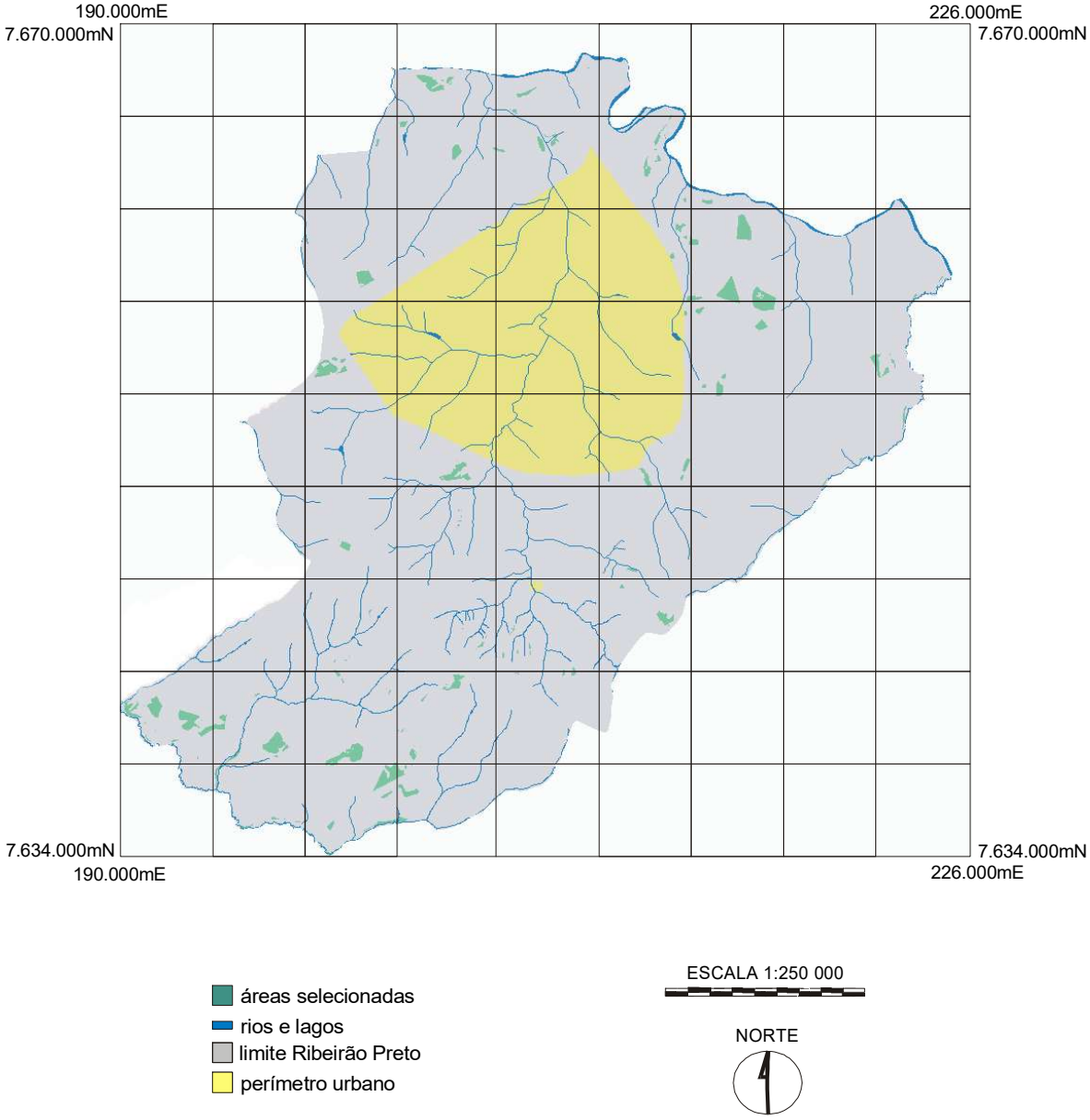

Fig. 11: Potencial conflito de uso do solo rural.

O cuidado com os remanescentes de vegetação no Estado de São Paulo significa manter um mínimo existente, a fim de que se possa pensar na recuperação de um mínimo aceitável. Especificamente na região de estudo, as porcentagens apresentadas na tabela (7), calculadas a partir do módulo *Area*, materializam este quadro desolador. Este cenário já é observado na figura (11), na qual algumas manchas vermelhas deixam em dúvida a precisão quando da impressão do mapa, tal a insignificância de suas dimensões.

Tab. 7: Percentual de vegetação natural remanescente na área rural.

vegetação	área (ha)	área (%)
s/ vegetação	51341,8	94,6
remanescente	2952	5,4
total	54293,8	100,0

5.3.4.2. Potencial Conflito de Uso do Solo Urbano

Aqui são apresentados os remanescentes de vegetação natural localizados no perímetro urbano, situação que só pela sua descrição denota a pressão existente sobre essas áreas, mesmo quando se tratam de parques ou bosques legalmente constituídos. O remanescente em destaque representa uma área desmatada durante a execução deste trabalho, o que gerou grande conflito.

O processo de obtenção deste mapa é análogo ao de conflito rural trocando-se o risco de erosão pela área urbana, e é mostrado na figura (12).

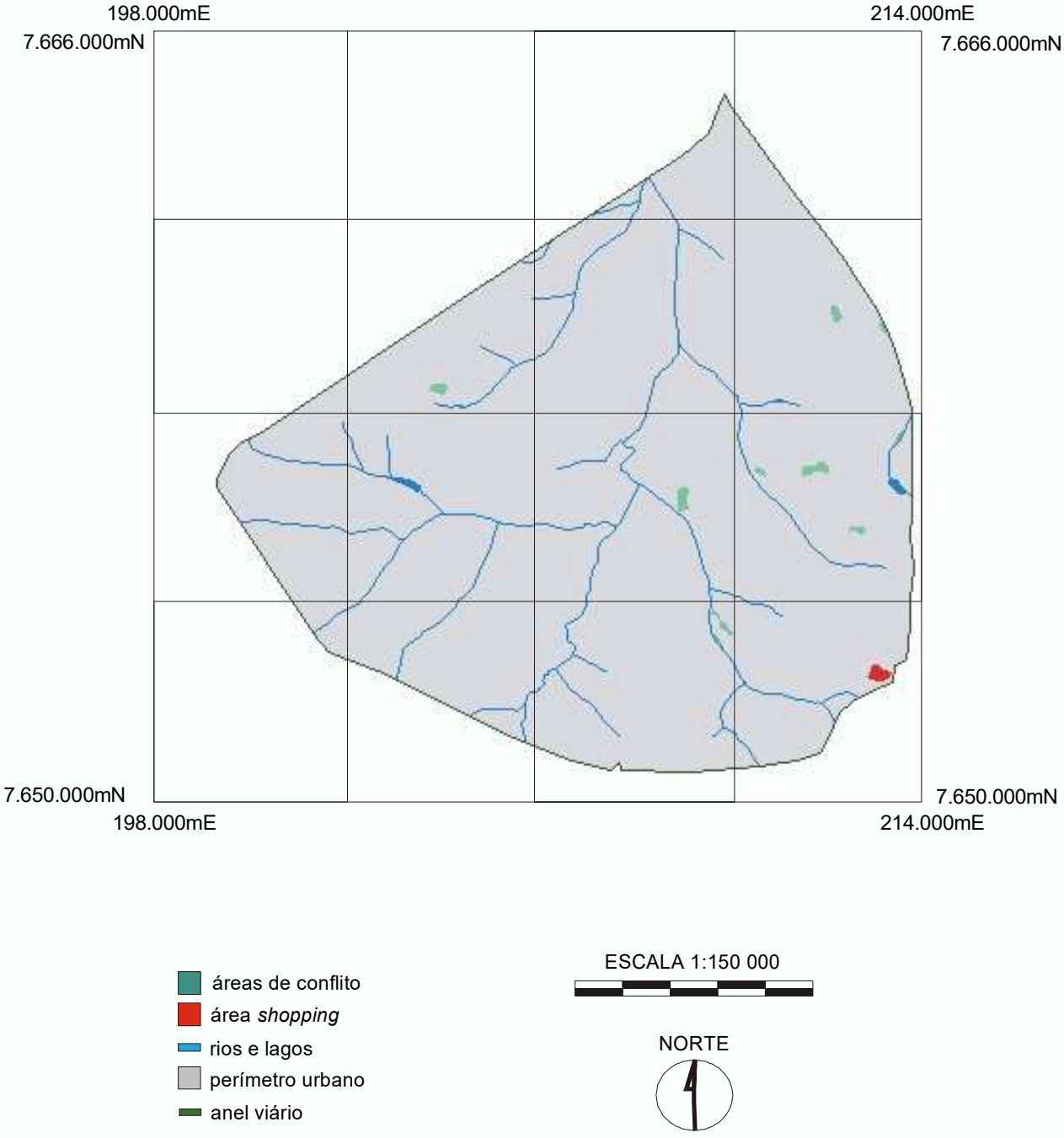

Fig. 12: Potencial conflito de uso do solo urbano e área *shopping*.

Quando os remanescentes encontram-se localizados no perímetro urbano, e não são unidades de conservação, podemos nos referir a situação como sendo mais que potencialmente conflitante, já é crítica. Revelador do problema abordado é o caso do remanescente de cerrado removido após a aquisição dos dados do DEPRN, identificado no mapa como área *shopping*, alusão ao empreendimento que está sendo construído no local.

Os atores sociais envolvidos no conflito e seu desfecho, o proprietário a época é o atual prefeito, revelam uma tendência mais estrutural do que conjuntural, na qual opõe-se a sociedade organizada e o poder econômico. Como conseqüência, mesmo após a intervenção do poder público para que a área fosse preservada, ou outra equivalente recuperada, em breve existirá no local um *shopping center*, sem garantias da reposição do bem perdido, que era de interesse comum. Como agravante, ao analisar-se os números apresentados pela tabela (8), observa-se que esta área representava aproximadamente 20% da vegetação natural limitada ao perímetro urbano. Ainda na mesma tabela, nota-se um cenário piorado em relação àquele apresentado pela tabela correspondente aos conflitos rurais.

Tab. 8: Percentual de vegetação natural remanescente na área urbana.

vegetação	área (ha)	área(%)
s/vegetação	12963,4	99,5
remanescente	55,0	0,4
área "shopping"	11,7	0,1
total	13030,1	100,0

Apesar de não explicitado nesta análise sobre conflito urbano, o remanescente de cerrado contido na área *shopping* correspondia a 22% do cerrado da região de estudo. Além disto, não considerando a vegetação classificada como capoeira, correspondia a 50% da vegetação com maior diversidade de espécies de flora e fauna da área urbana, espécies que, como a formação de cerrado, estão em processo de extinção no Estado. Cabe ressaltar novamente que a área urbana considerada é a região circunscrita ao anel viário de Ribeirão Preto.

5.3.5. Conservação do Meio Ambiente

Nos planos de informações relacionados com este tema, Recuperação da Vegetação Natural, Assoreamento Crítico e Práticas de Conservação, foi dado destaque à falta de cobertura vegetal natural em áreas com probabilidades maiores de ocorrência de impactos ambientais negativos. A falta de vegetação natural é regra em toda a região, conseqüência direta do modelo econômico adotado pelo Brasil, o qual privilegiou as monoculturas extensivas, cana-de-açúcar ou café, atividades de excelente adaptação aos atributos naturais locais. Portanto, foram eleitas algumas situações onde este cenário de devastação mostra-se mais crítico, exigindo práticas de conservação e/ou preservação.

5.3.5.1. Recuperação da Vegetação Natural

Como áreas a serem recuperadas, e posteriormente preservadas, indica-se a mata ciliar da faixa de proteção dos corpos d'água e as várzeas. A várzea, além de ensejar problemas de alagamentos quando ocupada irresponsavelmente, é um dos fatores mantenedores do binômio qualidade/quantidade d'água e, como ecossistema aquático, contém fauna e

flora a serem protegidas, sendo inclusive local de desova de peixes. No caso da mata ciliar, trata-se de área de preservação permanente responsável pela integridade do corpo d'água.

Novamente vale ressaltar que a seleção destas áreas não indica a hierarquização de um eventual plano de recuperação da vegetação natural, visto que outras áreas são igualmente prioritárias, como os topos de morros e os terrenos com declividade superior a 45°, apesar de que, segundo dados obtidos com a aplicação do módulo *Surface/Slope* às informações planialtimétricas, a maior declividade encontrada na região é de 31°.

A obtenção do mapa final, utilizando o módulo *Overlay*, deu-se através da soma das áreas de várzeas com as faixas de proteção, já subtraídas as regiões onde ainda se encontram remanescentes de vegetação, indicadas em separado. A figura (13) representa este mapa.

Demonstrando a premência para o início desta recuperação, foram calculados, com o uso do módulo *Area*, os valores das áreas a serem recuperadas e os valores das já existentes, com seus respectivos percentuais. A superioridade dos números associados à recuperação da vegetação é reveladora da dificuldade a ser encontrada na realização desta tarefa, principalmente considerando-se que boa parte desta recuperação viria atender à demanda de trinta anos do Código Florestal. Os valores são apresentados na tabela (9).

Tab. 9: Percentual de vegetação nas áreas de preservação.

vegetação	área (ha)	área (%)
a ser recuperada	5560,0	87,9
remanescente	768,5	12,1
a ser preservada	6328,5	100,0

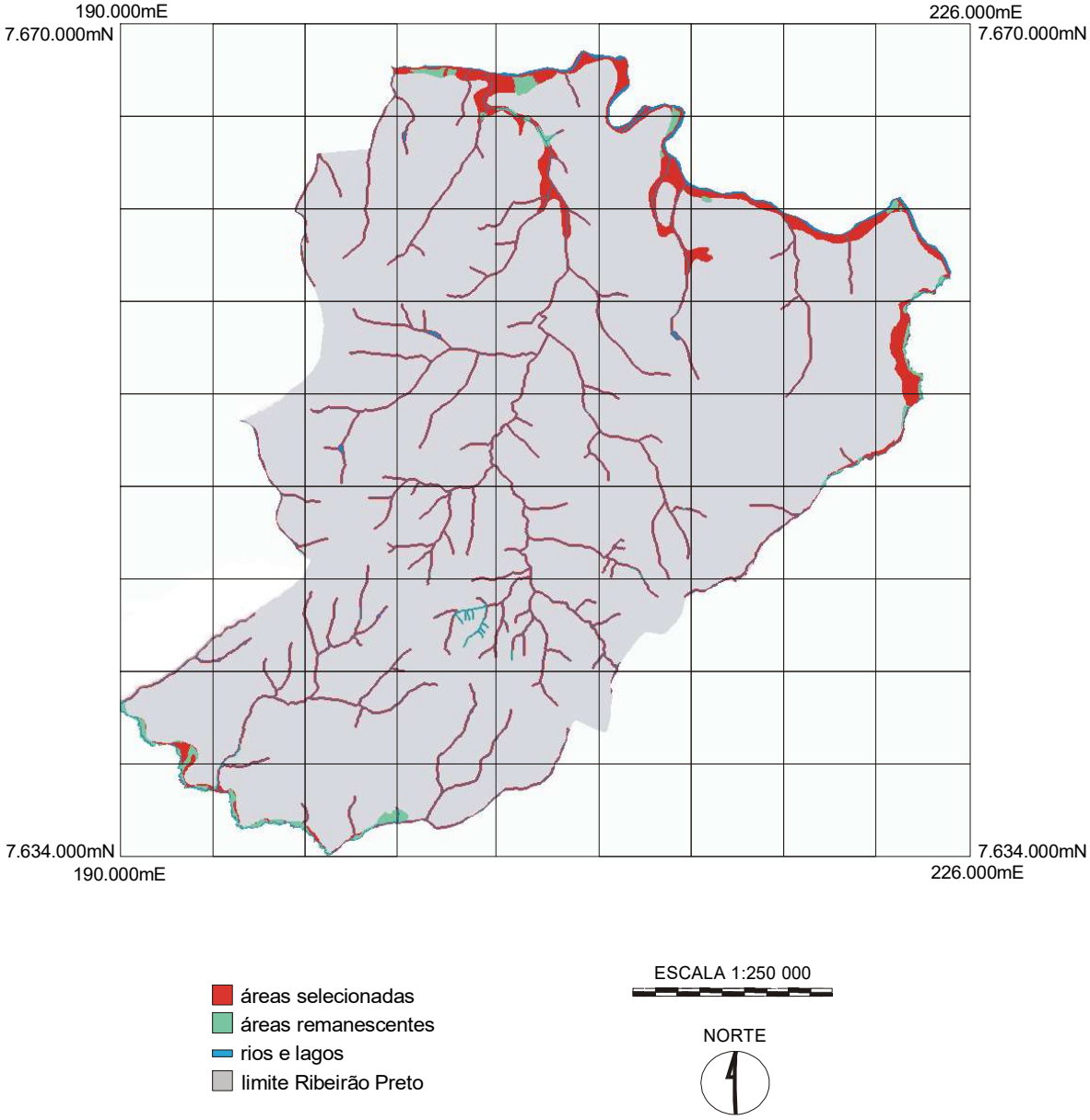

Fig. 13: Recuperação da vegetação natural.

5.3.5.2. Assoreamento Crítico

As áreas apontadas neste mapa são destaques do produto obtido no item anterior. Estas representam os locais sem vegetação natural, circunscritos pela faixa de proteção dos corpos d'água que apresentam riscos de erosão alto e muito alto. Assim sendo, a probabilidade de ocorrência de assoreamento dos cursos d'água, ou lagos, aponta para a necessidade de identificação destas regiões, a fim de que medidas mitigadoras possam ser adotadas antes da ocorrência de danos ao meio ambiente.

Quanto ao processamento dos dados, executou-se a etapa de eliminação das várzeas, multiplicando-se, com o *Overlay*, o mapa resultante do item anterior por outro contendo as regiões de várzea, sem as faixas de proteção, associadas ao identificador zero. A seguir houve a sobreposição deste plano àquele contendo o risco de erosão, com o uso do *Crosstab*, selecionando-se as áreas nas quais os identificadores correspondentes aos riscos muito alto e alto coincidiam com àquelas resultantes da primeira etapa, através do *Reclass*. O resultado deste processo é mostrado na figura (14).

Observa-se que as áreas com maior probabilidade de ocorrência de assoreamento concentram-se próximas às nascentes localizadas na região do divisor de águas dos rios Moji Guaçu e Pardo.

5.3.5.3. Práticas de Conservação

Neste mapa, independentemente do uso (agrícola, industrial ou urbano), encontram-se diagnosticadas as regiões nas quais se faz necessária a utilização de práticas de conservação do solo, a fim de minimizar o impacto negativo, cuja ocorrência aumenta ao explorar-se solos com risco de erosão grande. Com

base nestas considerações, este cenário mostra todas as áreas sem vegetação natural localizadas em terrenos com riscos de erosão muito alto e alto.

Isto foi conseguido a partir da sobreposição dos planos contendo as informações de risco de erosão e de vegetação natural, possível através do módulo *Crosstab*, e da adoção de novos identificadores, usando o módulo *Reclass*, separando as áreas "com" e "sem" ocorrência de sobreposição dos fatores eleitos. Obteu-se assim o plano de informações representado na figura (15).

Dentre as práticas de conservação, a preservação da vegetação natural é a melhor delas. Indicando-se todos os locais classificados como sendo de risco de erosão alto ou muito alto, cuja cobertura natural foi removida, alerta-se para a necessidade de ações, concomitantes ao uso e à ocupação do solo, compensadoras das adversidades naturais.

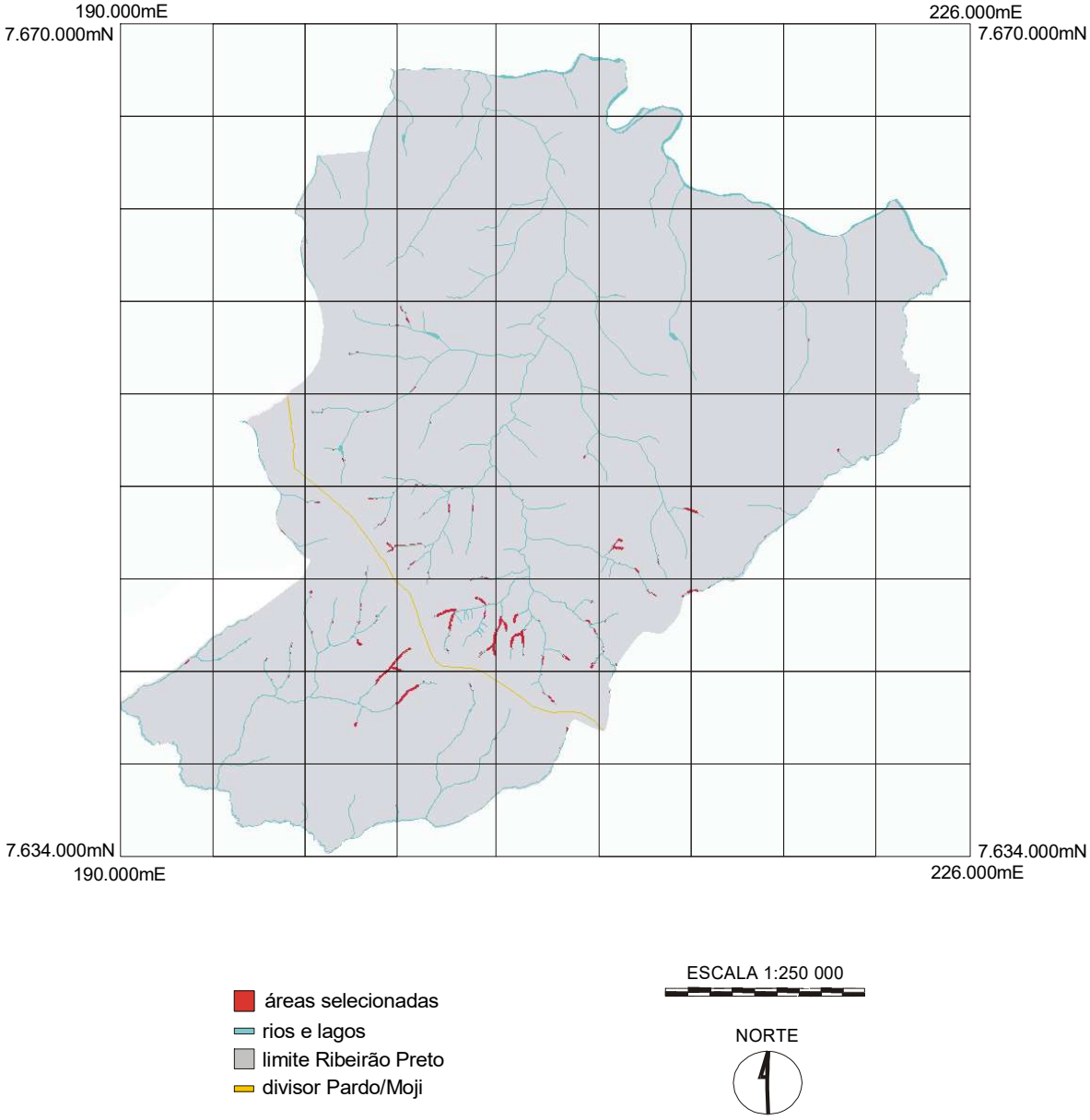

Fig. 14: Áreas com risco crítico de assoreamento.

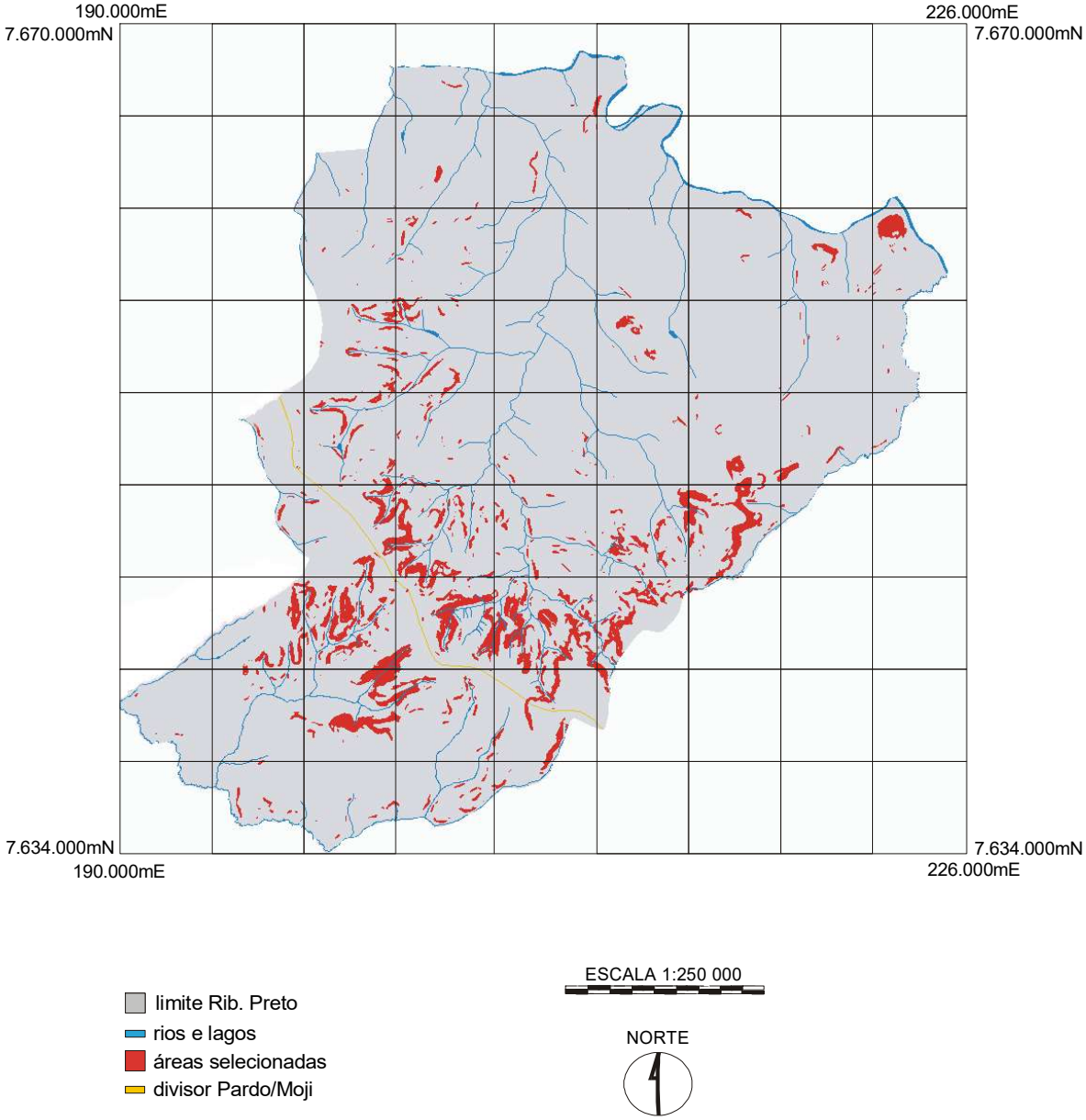

Fig. 15: Áreas para práticas de conservação do solo.

6. Conclusão

Os resultados obtidos no presente trabalho são subsídios às pessoas envolvidas no planejamento, gestão ou manejo do meio ambiente. Ao diagnosticar e criar possíveis cenários regionais, este trabalho responde uma das finalidades do macrozoneamento como instrumento do sistema de gestão: permitir o direcionamento da localização das atividades econômicas considerando o potencial ambiental da região. Este direcionamento é possível porque, mesmo não definindo limites territoriais onde tais e quais atividades são permitidas, existe a classificação das aptidões ambientais da região com embasamento científico, e o conseqüente diagnóstico de áreas demandantes de ações mitigadoras de conflitos e de impactos ambientais.

A composição dos cenários e diagnósticos, com seus diferentes agentes envolvidos, está permeada de considerações contendo os instrumentos jurídico-institucionais, o que possibilita a avaliação da relação destes com o macrozoneamento, geralmente visando a restringir o uso ou a ocupação de uma área, mas também indicando caminhos preventivos de atuação. Constatou-se também, a necessidade do macrozoneamento preceder a outros instrumentos da política ambiental, ou formas de atuação pró-ambiente, já que detém as informações territoriais básicas relacionadas aos diferentes potenciais

ambientais, sempre com base em diretrizes que auxiliam na obtenção do desenvolvimento sustentável regional.

Com a utilização do *software* Idrisi e através da digitalização de mapas, na etapa de caracterização da região, formou-se uma base para o banco de dados digitais, que deverá ser útil ao desenvolvimento de futuras pesquisas e à formulação de novos diagnósticos e cenários para a região, propiciando-se a adequação da implementação de atividades econômicas aos fatores ambientais.

O SIG exerceu papel fundamental durante todo o processo. Foi a partir da sua utilização que as possibilidades de aquisição e análise dos dados se multiplicaram. O fato das informações terem seu processamento facilitado pela rapidez ou pelas possibilidades de retroalimentação supre outras necessidades do macrozoneamento como processo que deve acompanhar a dinâmica do desenvolvimento, ou seja, atualizar constantemente o banco de dados e as alterações de cenários, a fim de agilizar o estabelecimento de novos objetivos prioritários. Contribui, assim, na consolidação do SIG como instrumento necessário à elaboração do macrozoneamento no que diz respeito à sua sistematização - condição necessária à democratização das informações.

7. Referências Bibliográficas

Ab'Saber, A. N. Zoneamento ecológico e econômico da Amazônia: questões de escala e método. *Estudos avançados.* Universidade de São Paulo. São Paulo, V.3, n.5, p.4-20, 1989.

Almeida, R.; Orsolon, A.M.; Malheiros, T.M. *et al. Planejamento ambiental. Caminho para participação popular e gestão ambiental para o nosso futuro comum. Uma necessidade. Um desafio.* Rio de Janeiro, Thex, 1993.

Alvarenga, S.R. *Análise das áreas de proteção ambiental enquanto instrumento da Política Nacional de Meio Ambiente: o caso da APA Corumbataí-SP.* Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 1997.

Bechmann, A.; Hartlik, J. Sistemas de informação especializada: o estudo de impacto ambiental. In: Müller-Plantenberg, C.; Ab'Saber, A.N. (orgs.). *Previsão de Impactos.* São Paulo, EDUSP, p.497-522, 1994.

Bertoni, J.; Lombardi Neto, F. *Conservação do Solo*. São Paulo, Ícone: Coleção Brasil Agrícola, 1993.

Brasil. *Constituição da República Federativa do Brasil. Promulgada em 5-10-1988.* São Paulo, Fisco e Contribuinte, p.108-109, 1988.

_____ *Legislação Federal: Controle da poluição ambiental. Série Documentos.* Secretaria do Meio Ambiente. Governo do Estado de São Paulo. São Paulo, CETESB, 1995.

Costanza, R. Economia ecológica: uma agenda de pesquisa. In: May, P.H.; Motta, R.S. (orgs.). *Valorando a natureza: análise econômica para o desenvolvimento sustentável.* Rio de Janeiro, Campos, p.111-144, 1994.

Delitti, W. Ecologia e análise ambiental. In: Tauk, S.M. (org.). *Análise ambiental: uma visão multidisciplinar.* São Paulo, UNESP, p.163-165, 1995.

Eastman, J.R. *Idrisi for Windows: User's Guide. Version 1.0.* Clark University. Massachusetts, 1995.

Elliot, A.J. *An introduction to sustainable development. The development world.* London and New York, Routledge, 1994.

Filet, M. Plano de gerenciamento da região lagunar de Iguape e Cananéia. In: Tauk, S.M. (org.). *Análise ambiental: uma visão multidisciplinar.* São Paulo, UNESP, p.141-142, 1995.

Fischer, M.M. From conventional to knowledge-based geographic information systems. *Comput., Environ. and Urban Systems.* V.18, n.4, p.233-242, 1994.

Griffith, J.J. Zoneamento: uma análise crítica. *Ambiente. Revista CETESB de tecnologia.* Secretaria de Estado do Meio Ambiente. V.3, n.1, p.20-25, 1989.

Jones, J.R. *Tosca: Reference Guide. Version 2.0.* Clark University. Massachusetts, 1993.

Kliskey, A.D. The role and functionality of GIS as a planning tool in natural-resource management. *Comput., Environ. and Urban Systems.* V.19, n.1, p.15-22, 1995.

Klosterman, R. E. The appropriateness of geographic information systems for regional planning in the developing world. *Comput., Environ. and Urban Systems.* V.19, n.1, p.1-13, 1995.

Machado, P.A.L. *Direito ambiental brasileiro.* São Paulo, Malheiros, 1996.

Meneguette, A.A.C.; Nazareno, N.R.X.; Pezzoti, A.A. *et al.* Proposta metodológica para a elaboração de uma base cartográfica digital para utilização em sistemas de informações geográficas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 17., Salvador, 1995. *Anais.* Salvador, Sociedade Brasileira de Cartografia, V.4, p.1042-1051, 1995.

Meulen, G.G. Geographical information and decision support system. *Comput., Environ. and Urban Systems.* V.16, p.187-193, 1992.

Milaré, E. Estudo prévio de impacto ambiental no Brasil. In: Müller-Plantenberg, C.; Ab'Saber, A.N. (orgs.). *Previsão de Impactos.* São Paulo, EDUSP, p.51-83, 1994.

Moraes, A.C.R. *Meio ambiente e ciências humanas.* São Paulo, Hucitec, 1994.

Motta, R.S. As técnicas das análises de custo-benefício na avaliação ambiental. In: Tauk, S.M. (org.). *Análise ambiental: uma visão multidisciplinar.* São Paulo, UNESP, p.156-162, 1995.

Ranieri, S.B.L. *Avaliação de métodos e escalas de trabalho para determinação de risco de erosão em bacia hidrográfica utilizando sistema de informações geográficas (SIG).* Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 1996.

Renuncio, L.E.; Oliveira, F.H.; Seiffert, N.F. *et al.* Utilização de sistemas de informação geográfica no estudo para implantação de um reservatório para abastecimento de água. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 17., Salvador, 1995. *Anais.* Salvador, Sociedade Brasileira de Cartografia, V.4, p.942-950, 1995.

Ribeirão Preto. *Zoneamento Ambiental de Ribeirão Preto.* Secretaria Municipal do Meio Ambiente. Ribeirão Preto, 1996.

Sachs, I. *Ecodesenvolvimento. Crescer sem Destruir.* São Paulo, Vértice, 1986.

Santos, M.C.S.R. *Manual de fundamentos cartográficos e diretrizes gerais para elaboração de mapas geológicos, geomorfológicos e geotécnicos.* Secretaria da Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Econômico. Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). São Paulo, 1986.

São Paulo. *Legislação Estadual: controle da poluição ambiental. Estado de São Paulo. Série Documentos.* Secretaria do Meio Ambiente. Governo do Estado de São Paulo. São Paulo, CETESB, 1994.

_____ *Macrozoneamento das bacias dos rios Moji Guaçu, Pardo e Médio-Grande. Questões sócio-ambientais regionais.* Governo do Estado de São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente. Secretaria da Agricultura e Abastecimento. Secretaria de Economia e Planejamento. São Paulo, V.1 e 3, 1995.

Schaller, J. GIS application in environmental planning and assessment. *Comput., Environ. and Urban Systems*. V.16, p.337-353, 1992.

Souza, M.P. *Metodologia de cobrança sobre os usos da água e sua aplicação como instrumento de gestão.* Tese de Doutorado. Faculdade de Saúde Pública de São Paulo, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1993.

_____ A cobrança e a água como bem comum. *RBE - Caderno de recursos hídricos.* V.13, n.1, p.25-55, 1995.

Strauch, J.C.M.; Pereira, L.C.; Santos, U.P. Abordagem sobre o uso de sistemas de informações geográficas e fatores intervenientes na qualidade da base de dados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 17., Salvador, 1995. *Anais.* Salvador, Sociedade Brasileira de Cartografia, V.4, p.1059-1066, 1995.

Tabaczenski, R.R. *A utilização do sistema de informações geográficas para o macrozoneamento ambiental.* Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 1995.

Teubner, F.J.J. *A utilização da tecnologia de sistemas de informação geográfica para a definição de zoneamentos ambientais costeiros: um estudo de caso para a região da grande Vitória, ES.* Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1993.

Tibor, T.; Feldman, I. *ISO 14000: um guia para as normas de gestão ambiental.* São Paulo, Futura, 1996.

Tietenberg, T.H. Administrando a transição para um desenvolvimento sustentável: o papel dos incentivos econômicos. In: May, P.H.; Motta, R.S. (orgs.). *Valorando a natureza: análise econômica para o desenvolvimento sustentável.* Rio de Janeiro, Campos, p.93-109, 1994.

Tommasi, L.R. *Estudo de Impacto Ambiental.* CETESB. São Paulo, Terragraph Artes e Informática, 1994.

Vieira, P.F. Meio ambiente, desenvolvimento e planejamento. In: Viola, E.J.; Leis, H.R.; Scherer-Warren, I. *et al. Meio ambiente, desenvolvimento e cidadania: desafios para as ciências sociais.* São Paulo, Cortez, p.45-98, 1995.

WCED. *World Commission on Environment and Development. Our common future.* Oxford University Press, 1987.

Apêndice

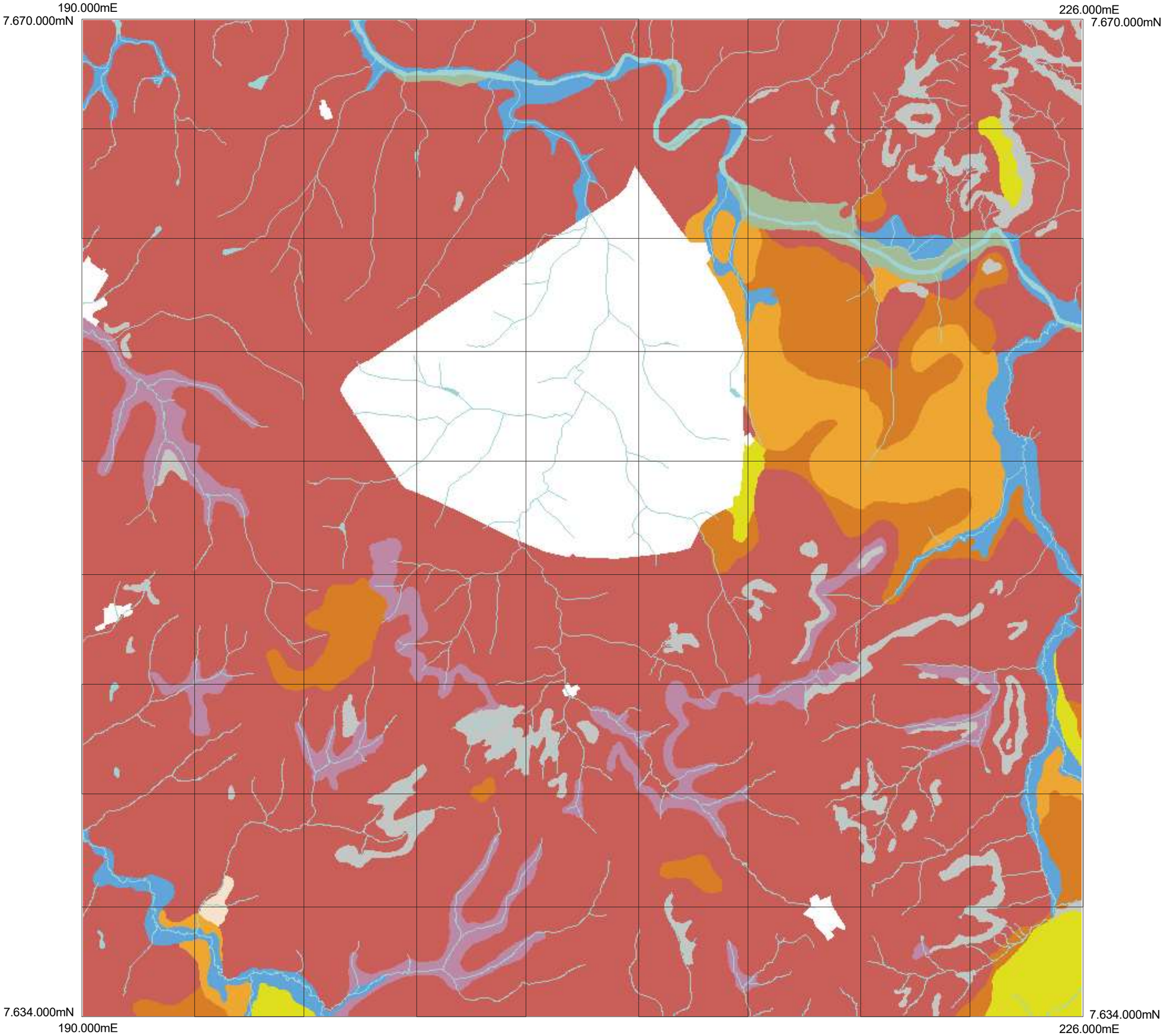

Fig. A1: Tipos de solo

- latossolo roxo
- latossolo vermelho escuro
- latossolo vermelho amarelo
- terra roxa estruturada
- laterita
- areia quartzosa profunda
- solos hidromórficos
- solos litólicos
- cambissolo
- áreas urbanas
- rios e lagos

ESCALA 1:150 000

NORTE

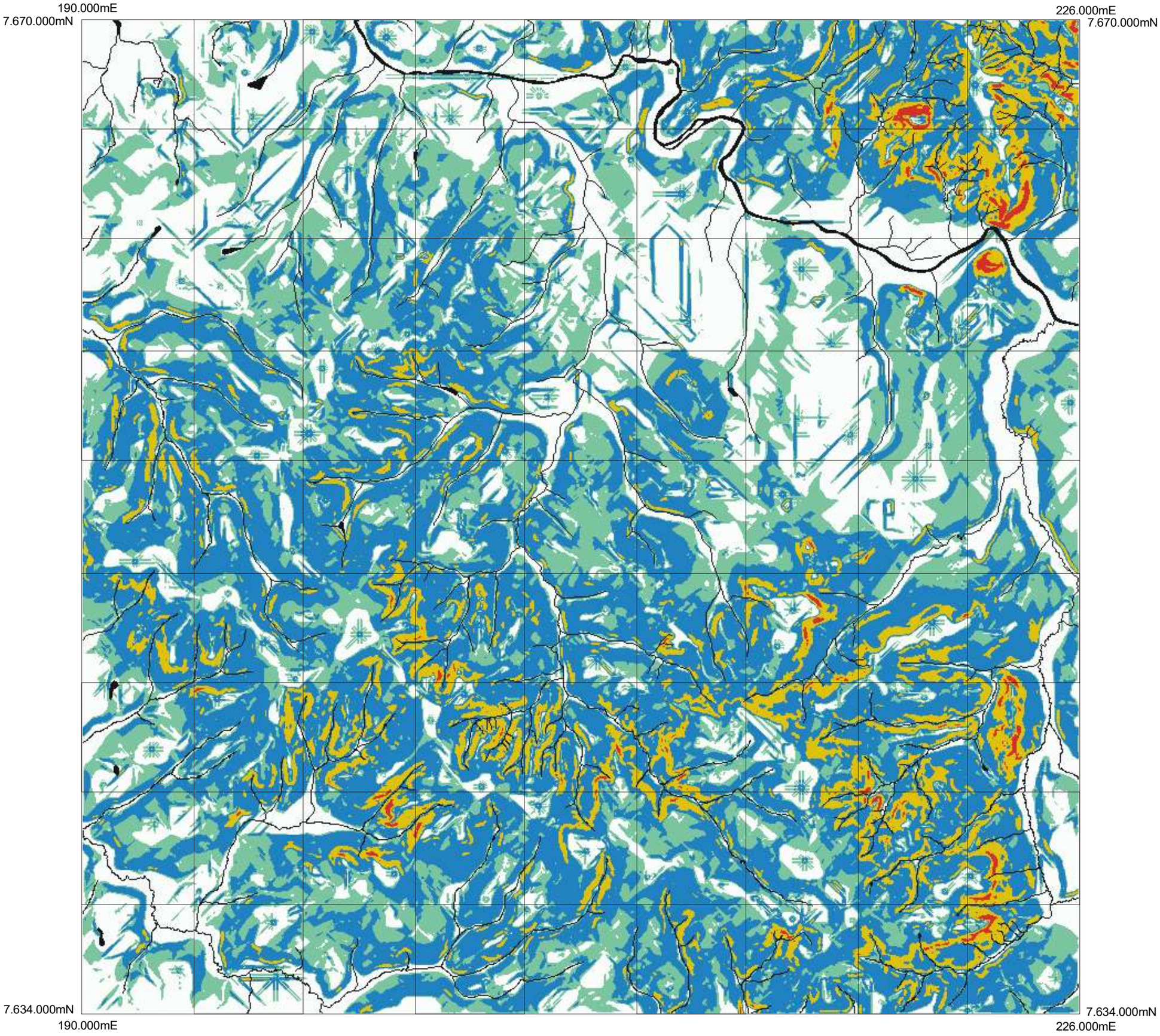

Fig. A2: Declividades

- 0 - 2,5%
- 2,5 - 5%
- 5 - 12%
- 12 - 25%
- > 25%
- rios e lagos

ESCALA 1:150 000

NORTE

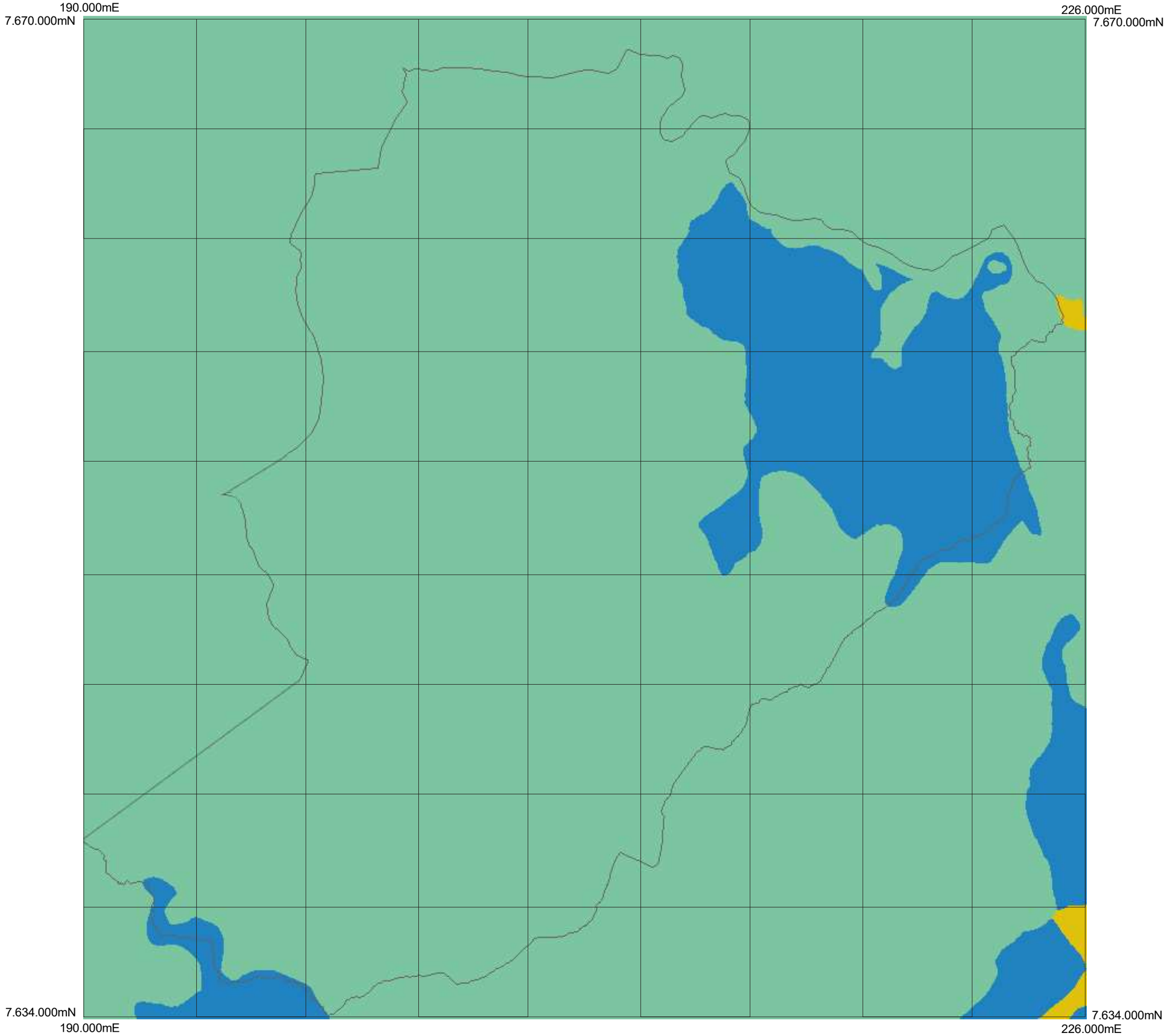

Fig. A3: Formações geológicas

formação Serra Geral
formação Botucatu
formação Pirambóia
limite Ribeirão Preto

ESCALA 1:150 000

NORTE

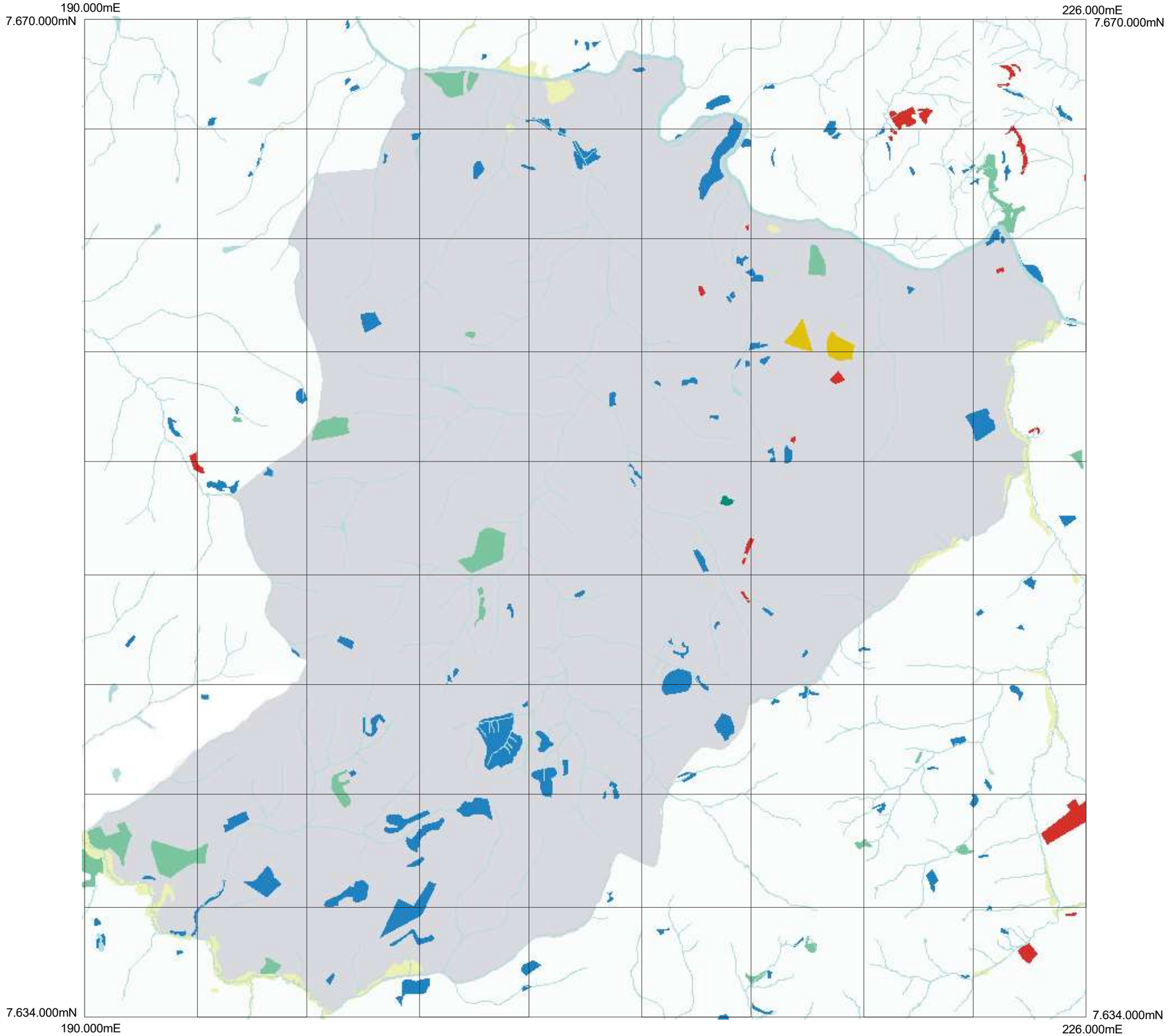

Fig. A4: Vegetação natural

- mata
- capoeira
- cerradão
- cerrado
- vegetação de várzea
- perímetro Rib. Preto
- rios e lagos
- área *shopping*

ESCALA 1:150 000

NORTE

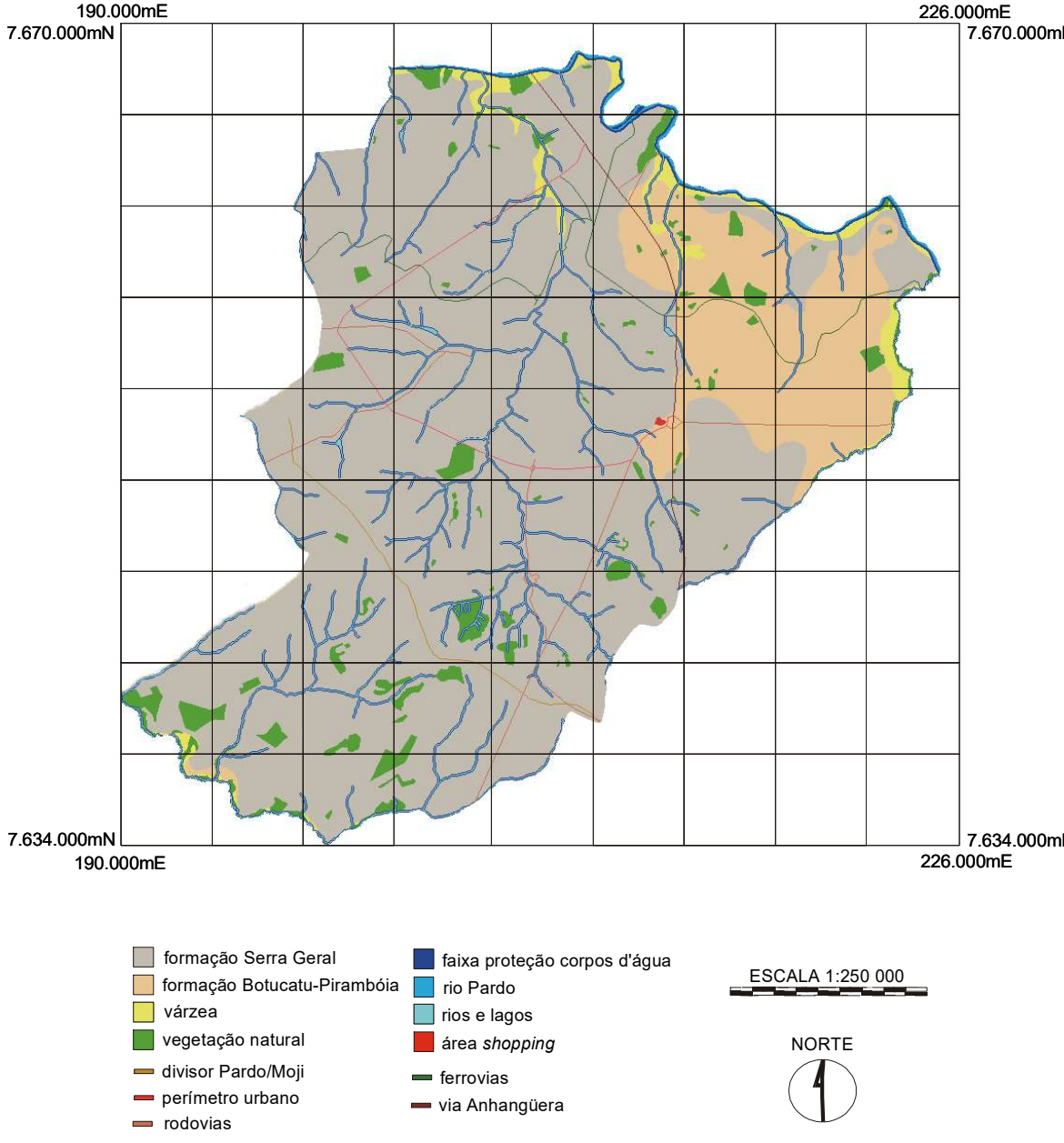

Fig. 5: Usos e características ambientais - Ribeirão Preto.

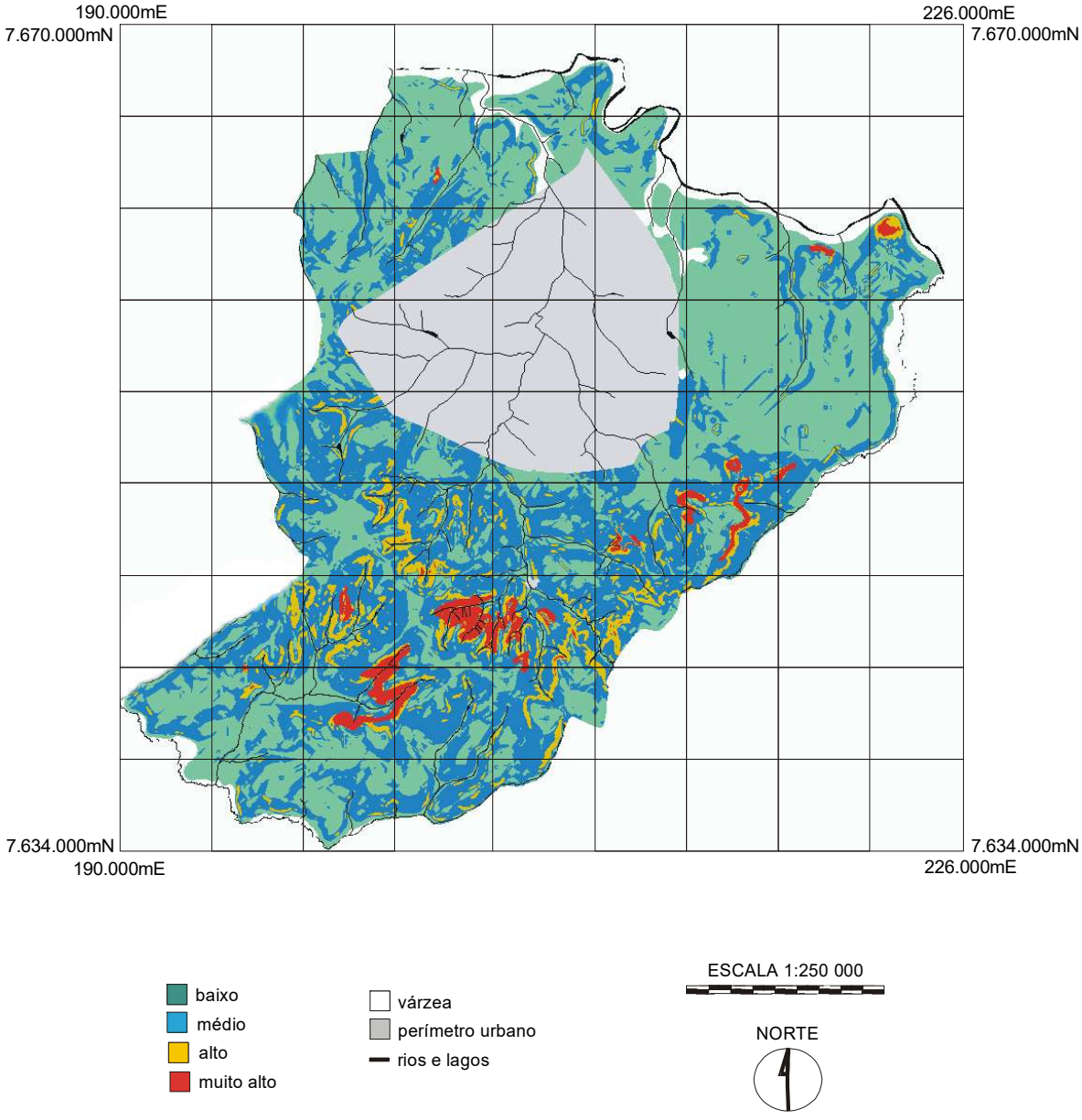

Fig. 6: Risco de erosão.

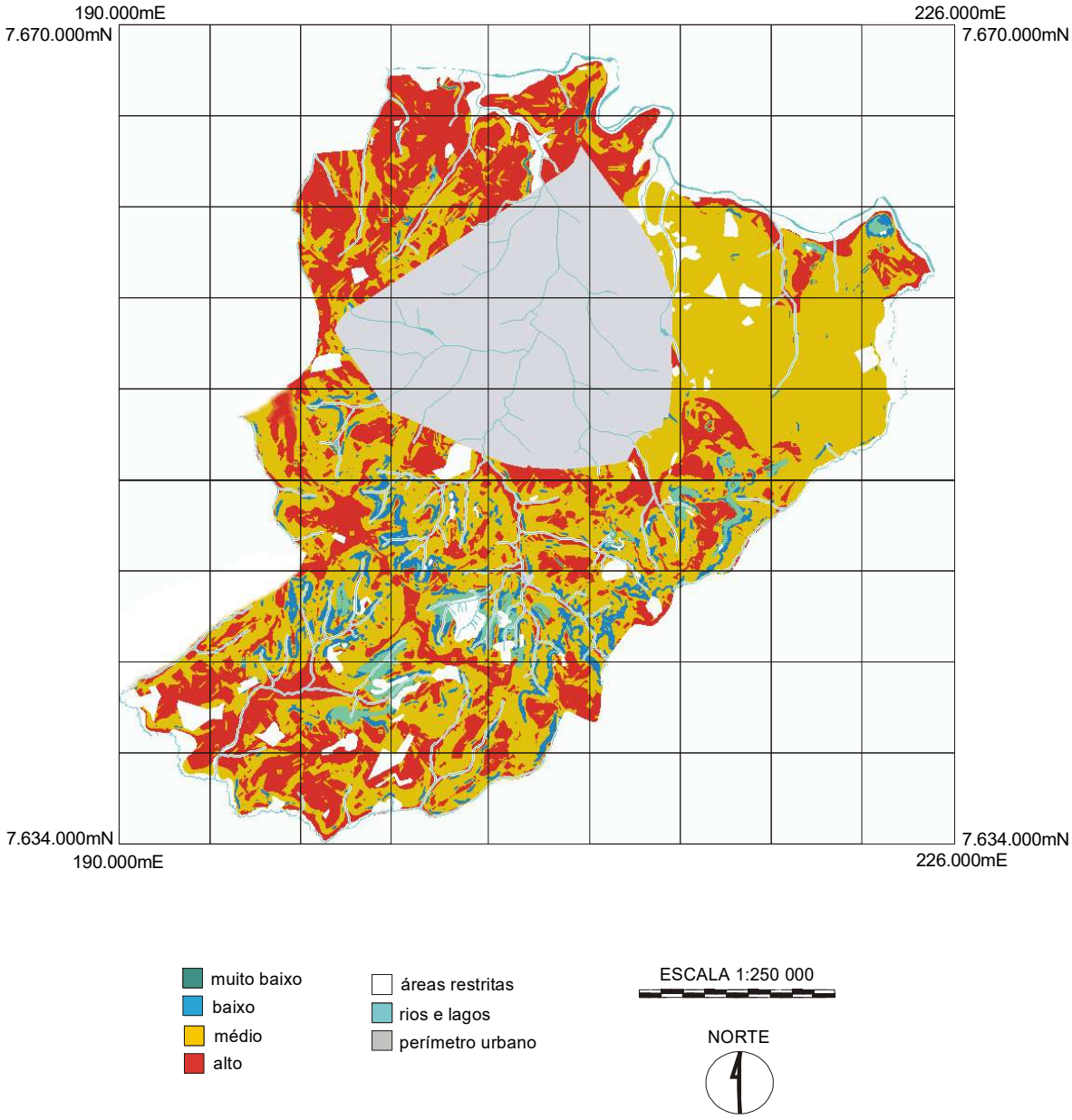

Fig. 7: Potencial agrícola.

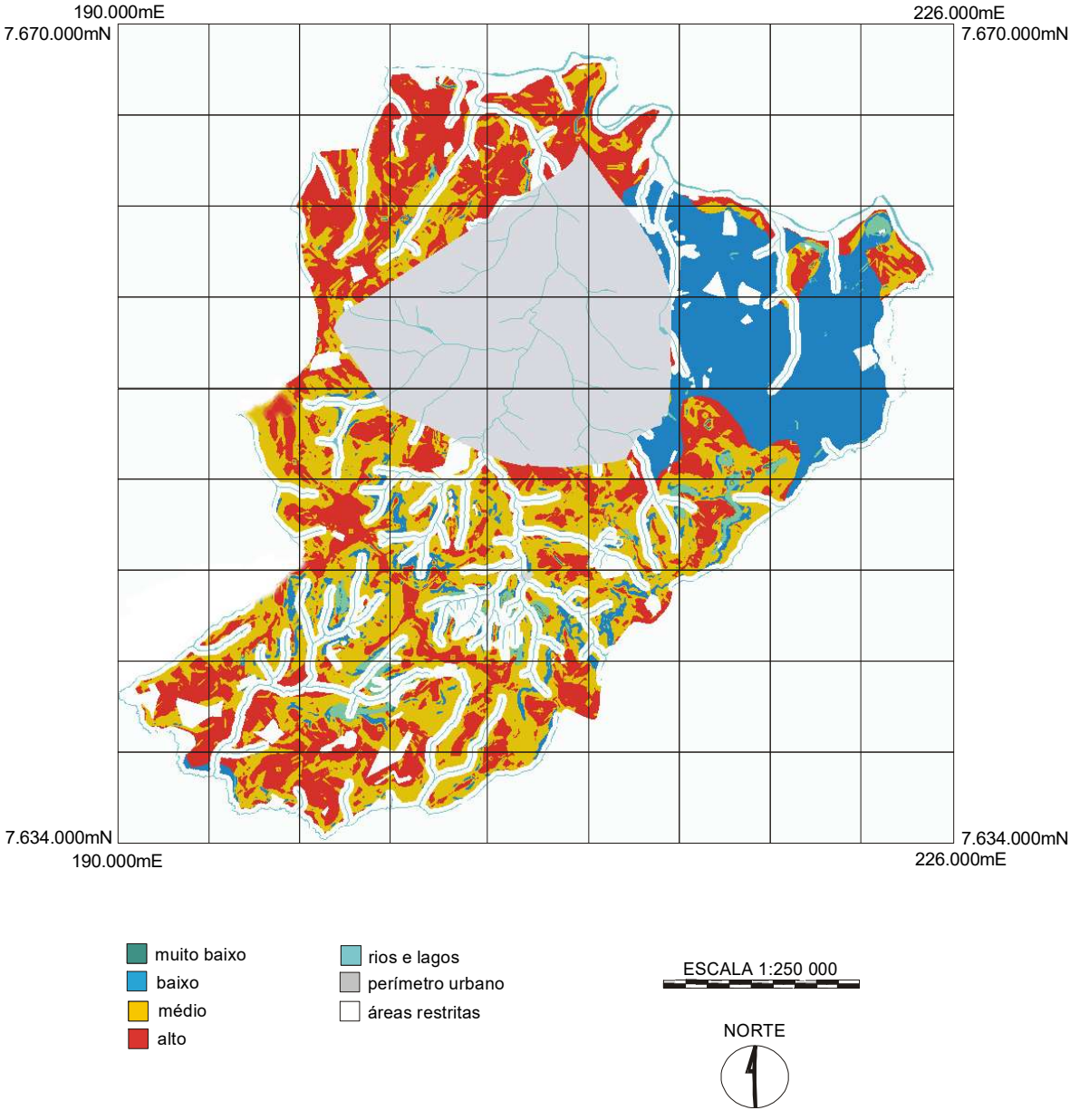

Fig. 8: Potencial ambiental para indústrias.

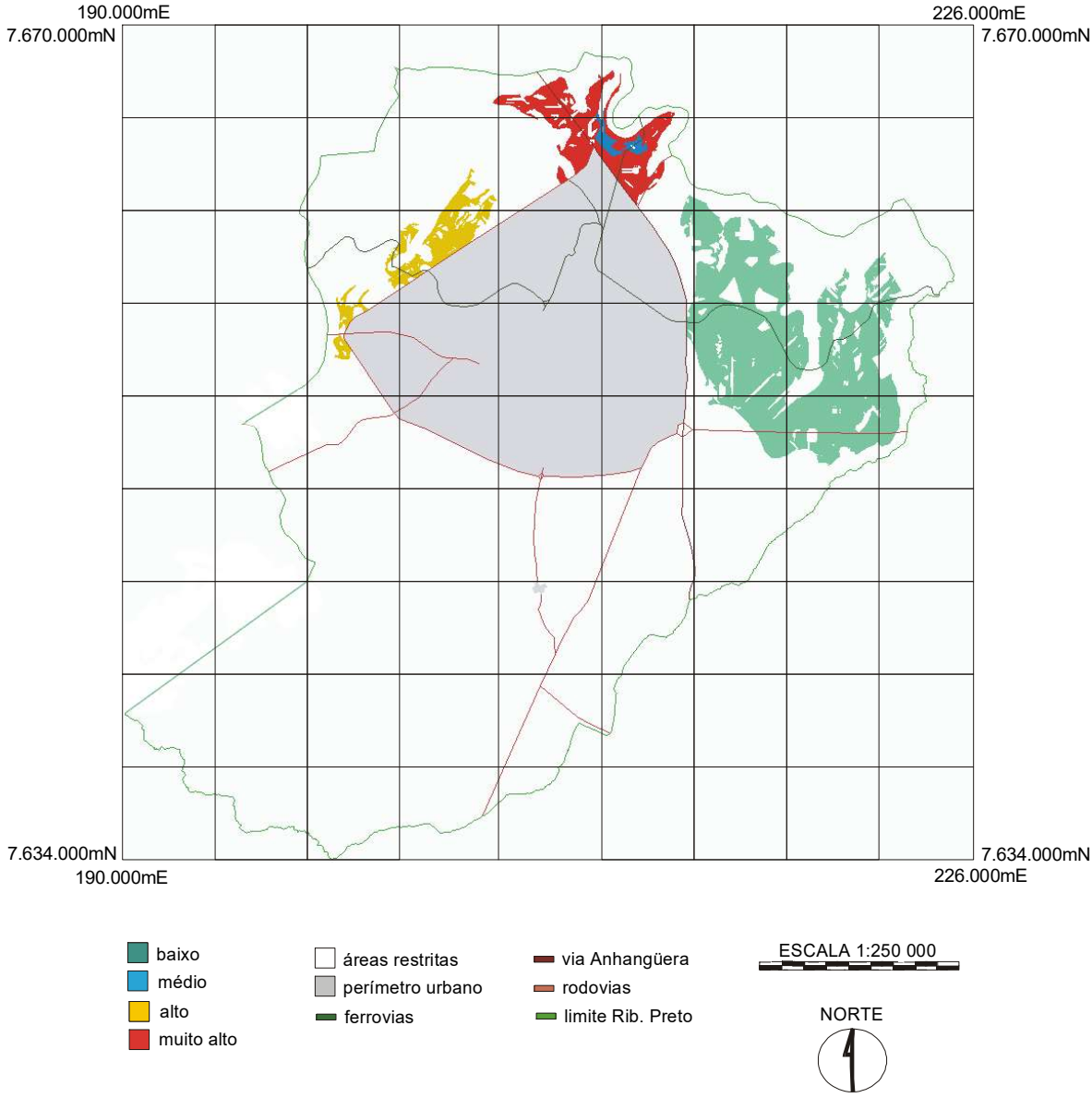

Fig. 9: Potencial para indústrias.

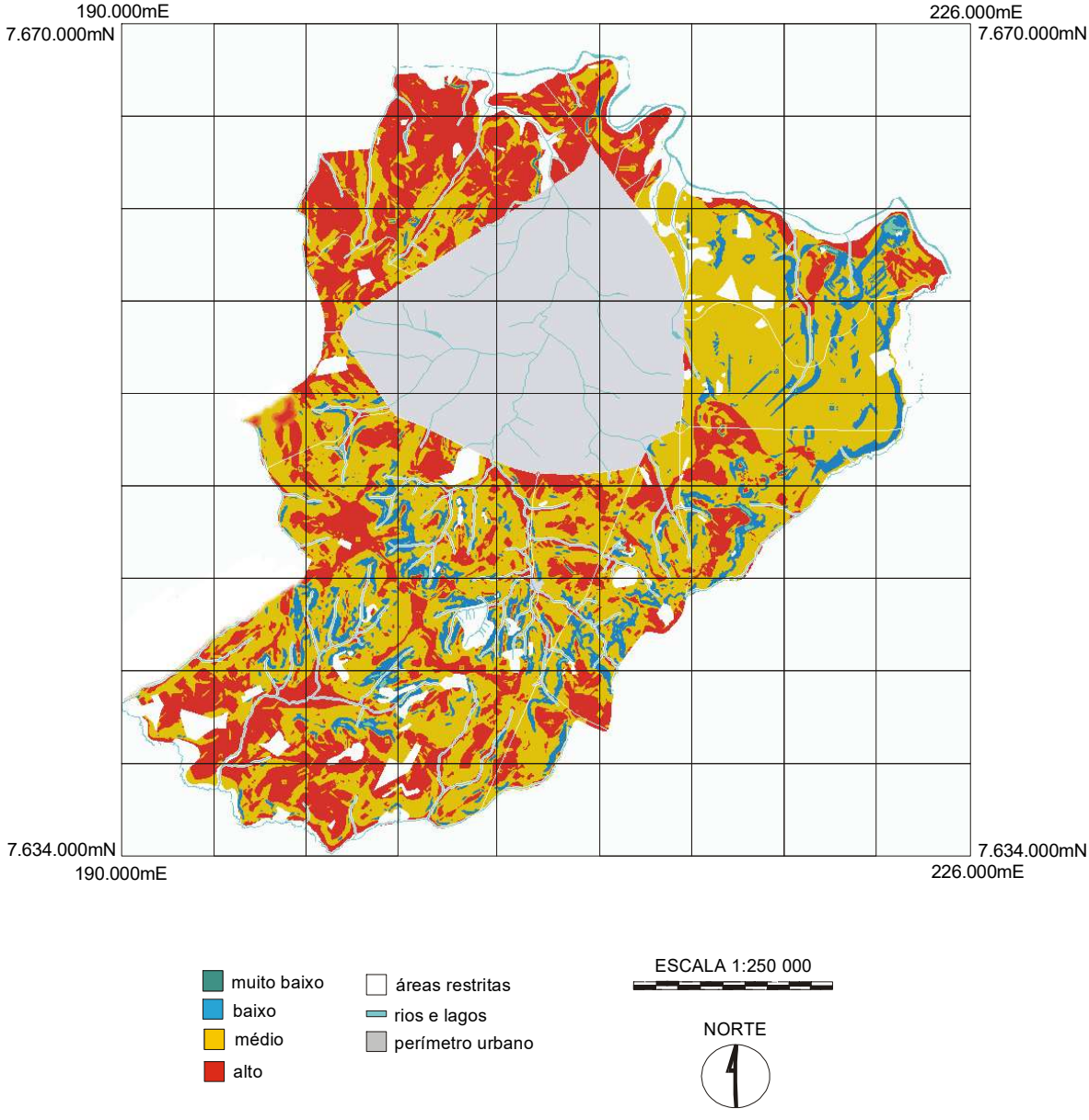

Fig. 10: Potencial à expansão urbana.

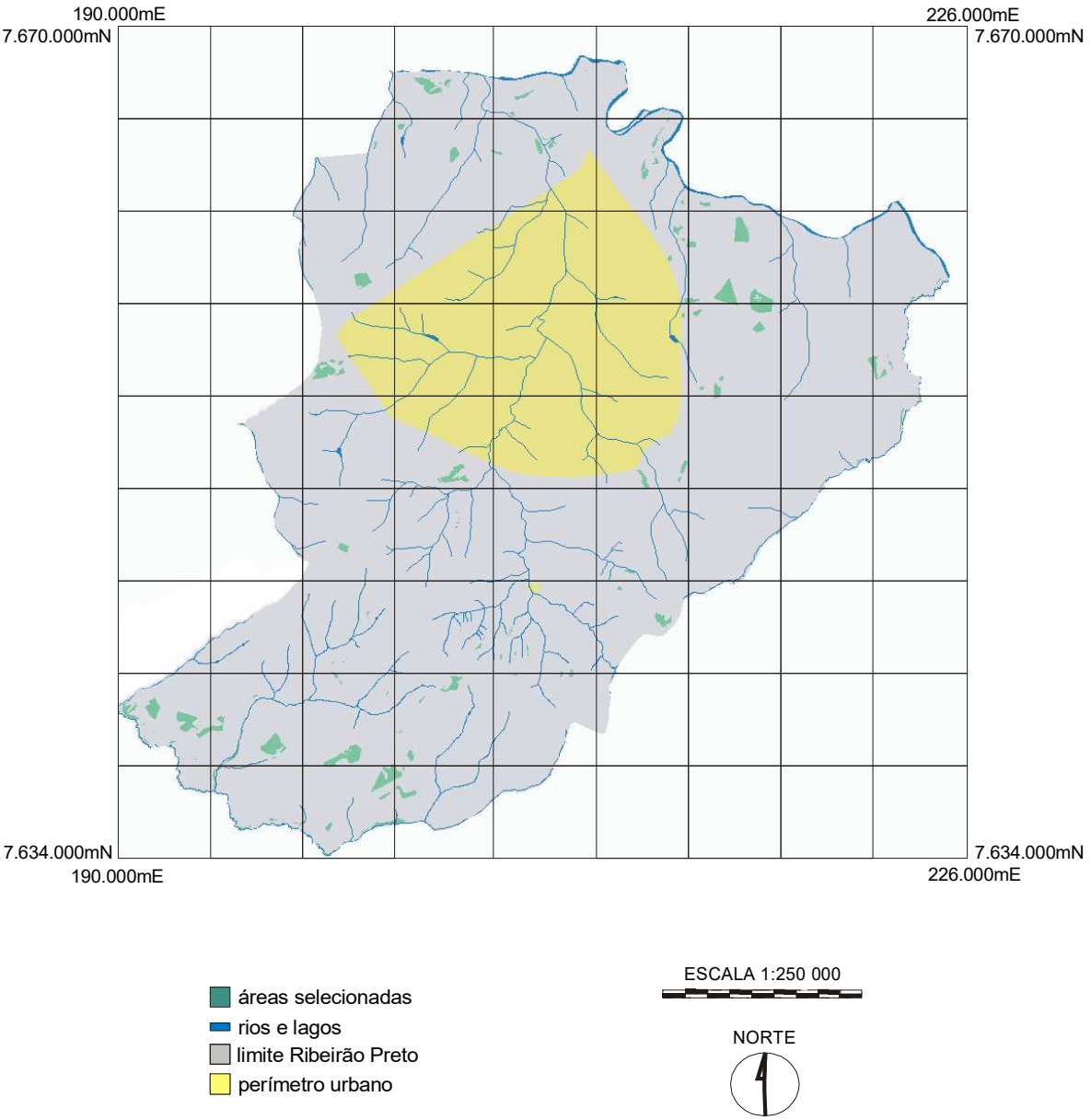

Fig. 11: Potencial conflito de uso do solo rural.

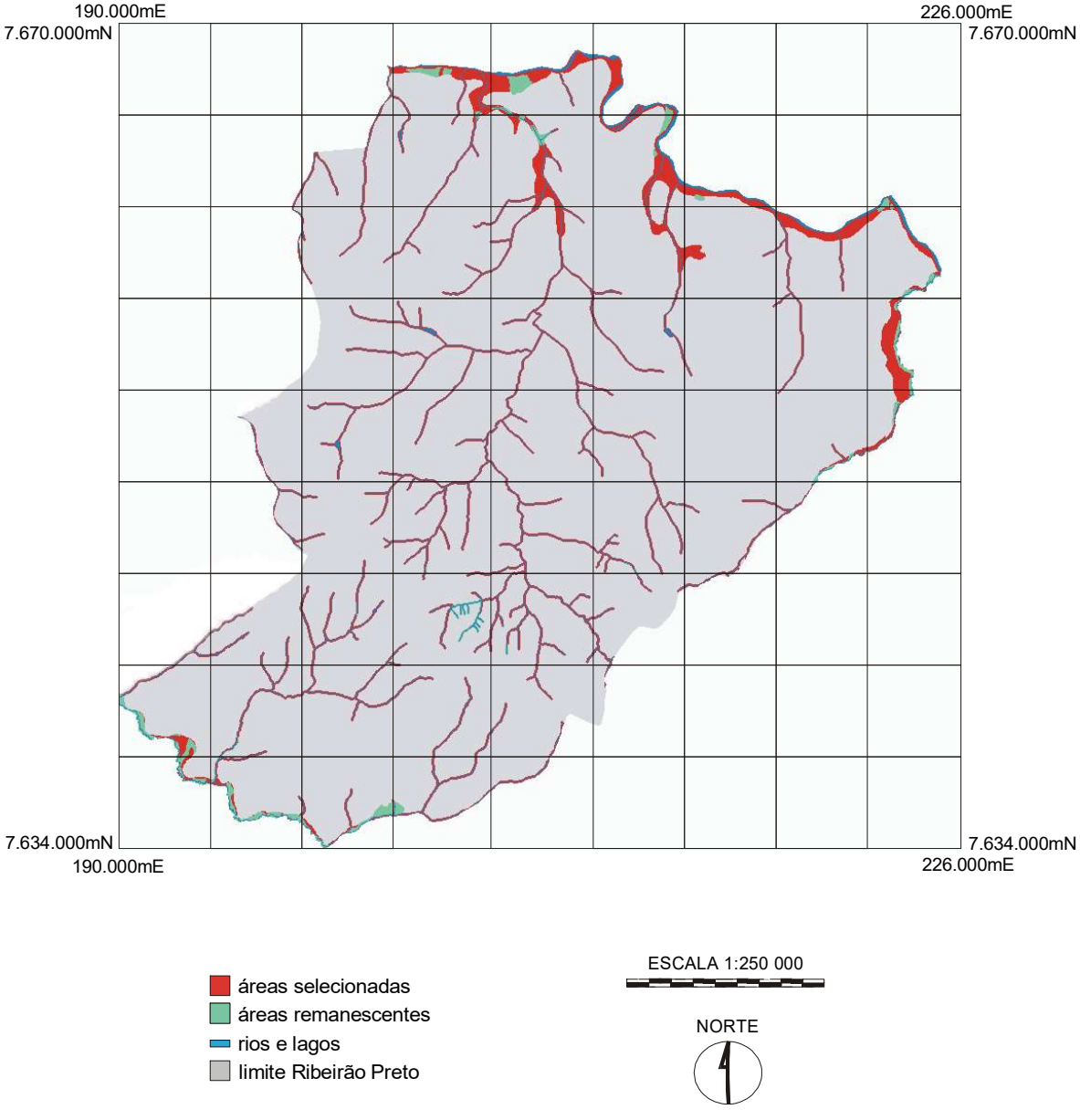

Fig. 13: Recuperação da vegetação natural.

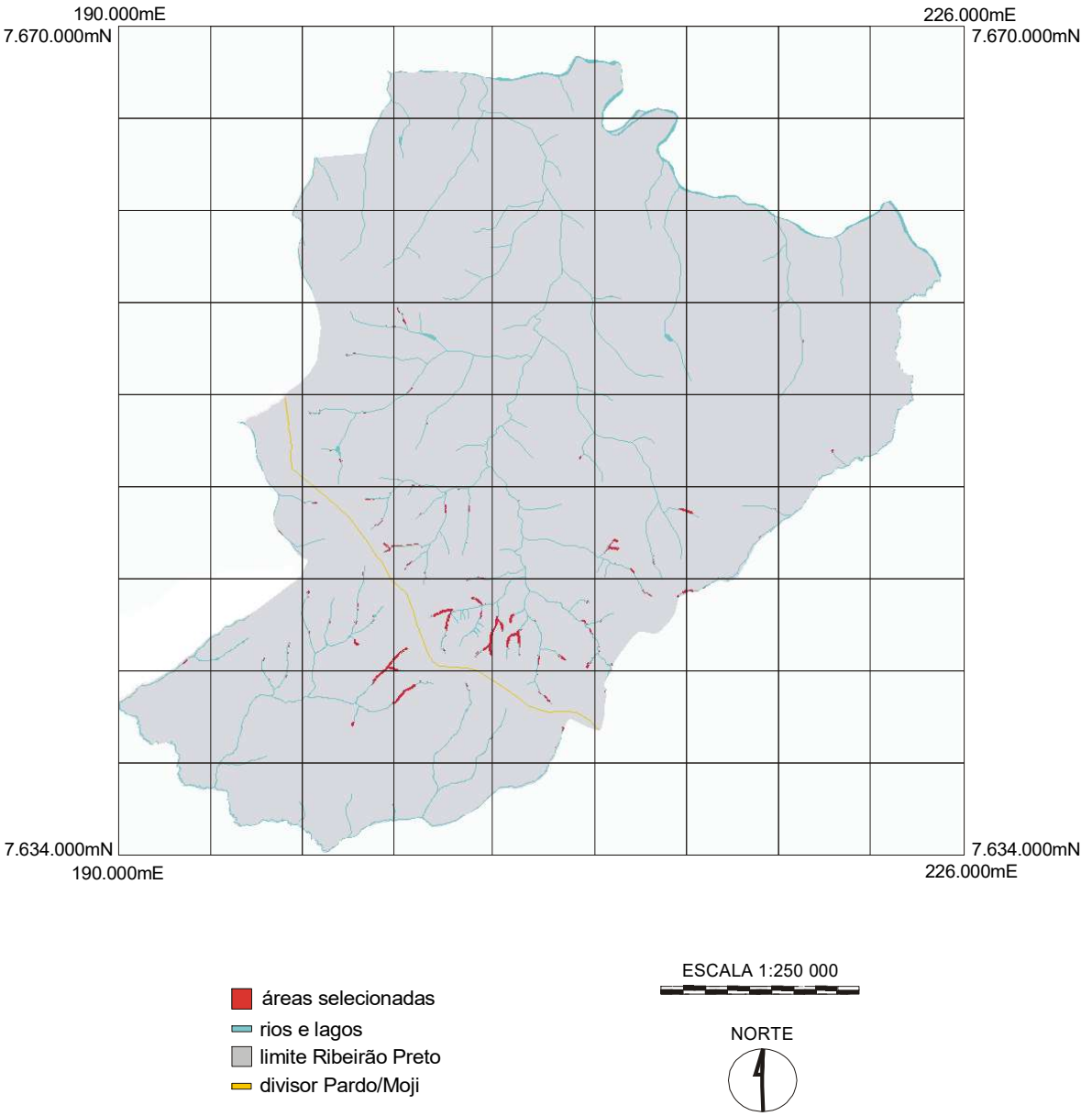

Fig. 14: Áreas com risco crítico de assoreamento.

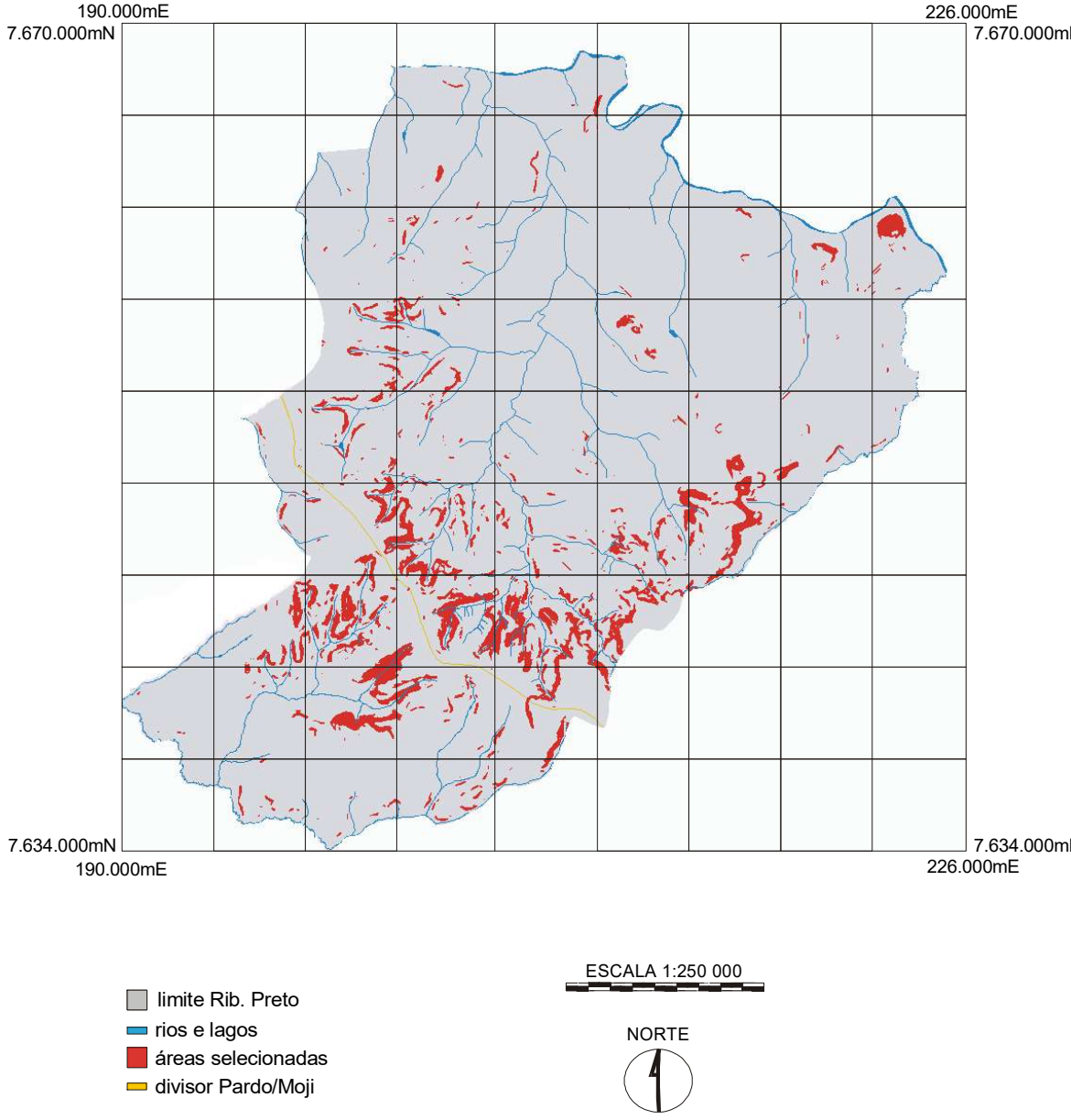

Fig. 15: Áreas para práticas de conservação do solo.