

NELCI OLSZEVSKI

AMBIENTES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PRETO, COM  
ÊNFASE À PORÇÃO DO MÉDIO ALTO RIO PRETO

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de "*Doctor Scientiae*".

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2004

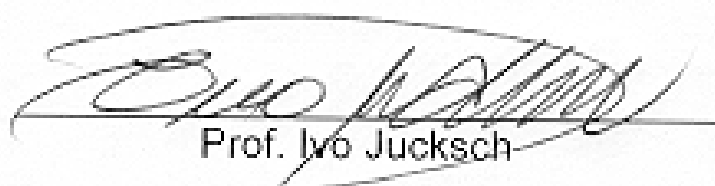
AMBIENTES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PRETO, COM ÊNFASE À  
PORÇÃO DO MÉDIO ALTO RIO PRETO

Tese apresentada à Universidade  
Federal de Viçosa, como parte das  
exigências do Programa de Pós-  
Graduação em Solos e Nutrição de  
Plantas, para obtenção do título de  
"Doctor Scientiae".

APROVADA: 09 de março de 2004.



Prof. Carlos Ernesto G. R. Schaefer  
(Conselheiro)



Prof. Ivo Jucksch



Prof. Herly Carlos Teixeira Dias



Prof. Leopoldo O. Loreto Charmelo



Prof. Elpidônio Fernandes Filho  
(Presidente da Banca)

*Dedico este trabalho*  
*Aos meus pais **Clemente Olszewski e Natalina Olszewski***

*Como forma de agradecimento à dedicação e ao carinho nos momentos mais  
difíceis e em toda a minha formação  
pessoal e profissional.*

***À Vani, Cláudio, Felipe e Nathalia***

***Ao meu esposo Marcos.***

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, pelo amor, pela saúde e pela proteção.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), em especial ao Departamento de Solos, pela oportunidade de realizar o curso de Doutorado.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao meu orientador Liovando Marciano da Costa, pelo incentivo, pela preciosa orientação e amizade e pelo exemplo de dedicação e profissionalismo.

Ao meu amigo e professor, Elpidio Inácio Fernandes Filho, por toda a paciência e importantíssimos ensinamentos.

Ao professor Carlos Ernesto G. R. Schaefer, pela amizade e pela excelente contribuição neste trabalho.

Aos meus grandes amigos e irmãos de caminhada: Paola e Gustavo; Viviane; Salete; Karina, André e Mariana; Aninha, Maurício, Pedrinho e Lais; Oldair e Ana Elisa, Hélder, Guilherme, Paulo Gabriel.

Aos grandes amigos que tornaram a vida mais leve e alegre: Dona Laisse e Seu Murilo, Rodrigo, Elisângela e Ana Luisa, Simone e Bruno, Duda e Bruna.

Aos meus amigos e estagiários do Laboratório de Geoprocessamento: Fred, Rafaella, Eliane, Gilberto e Aline pela enorme força prestada para a realização deste trabalho.

Aos funcionários do Departamento de Solos: Carlos Henriques (*in memorian*), Carlos, Carlinhos, Cláudio, Bené, Chico, Sebastião e Zélia pela atenção dispensada.

A todos os meus amigos do Departamento de Solos, pela preciosa convivência valiosos ensinamentos.

## **BIOGRAFIA**

NELCI OLSZEWSKI, filha de Clemente Olszewski e Natalina Olszewski, nasceu em Alpestre, Rio Grande do Sul, em 6 de junho de 1970.

Em março de 1989, iniciou o Curso de Agronomia na Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG, diplomando-se em agosto de 1994.

Em março de 2000, ingressou no Curso de Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas da UFV, submetendo-se à defesa de tese em março de 2004.

## CONTEÚDO

	Página
RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	ix
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	3
2.1. Geoprocessamento e Sistemas de Informações Geográficas....	3
2.2. Bacia Hidrográfica como unidade de planejamento e uso do solo.....	4
2.3. Caracterização do meio físico como ferramenta para o planejamento .....	6
2.3.1. Aspectos hidrológicos.....	8
2.3.2. Relevo.....	11
2.3.3. Geologia.....	12
2.3.4. Solos.....	13
2.4. Origens históricas do Vale do Rio Preto.....	15
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	17
3.1. Caracterização da área em estudo .....	17
3.1.1. Localização.....	17
3.2 Descrição da área.....	17
3.2.1. Aspectos físicos gerais.....	17
3.2.2. Clima.....	19
3.2.3. Solos.....	20
3.2.4. Geologia.....	22
3.2.5. Vegetação.....	24
3.2.6. Aspectos Econômicos e uso da terra.....	27
3.3. Análise morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Preto.....	31
3.3.1. Geração do Modelo Digital de Elevação (MDE).....	31
3.3.2. Análise morfométrica da Bacia.....	32

3.4. Delimitação das unidades geoambientais e estimativa do estoque de carbono na BHRP.....	34
3.5. Trabalho de Campo .....	36
3.5.1. Observações de campo.....	36
3.5.2. Descrição dos solos.....	37
3.6. Análises de laboratório .....	37
3.6.1. Análises físicas.....	38
3.6.2. Análises químicas.....	38
3.6.2.1. Rotina.....	38
3.6.2.2. Ataque sulfúrico.....	38
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
4.1. Aspectos econômicos e uso da terra na BHRP.....	39
4.2. Relevo, índices morfométricos e hidrografia na BHRP e nas sub-bacias	42
4.2.1. Relevo.....	42
4.2.2. Índices morfométricos e hidrografia.....	49
4.3. Aspectos geológicos, pedológicos e cobertura vegetal na BHRP	54
4.4. Unidades Geoambientais e estimativa do estoque de carbono na BHRP.....	63
4.4.1. Maciço Montanhoso do Itatiaia/Alto Rio Preto.....	65
4.4.2. Planalto Soerguido do Alto Rio Preto.....	66
4.4.3. Maciço Montanhoso em Rochas Metassedimentares Proterozóicas.....	67
4.4.4. Planalto Deprimido do Médio Baixo Rio Preto.....	68
4.5. Geologia, cobertura vegetal e solos da Sub-bacia do Médio Alto Rio Preto (SbMARP) .....	70
4.5.1. Descrição da paisagem.....	70
4.5.2. Atributos morfológicos, físicos e químicos dos solos estudados.....	80
5. RESUMO E CONCLUSÕES.....	89
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	92

## RESUMO

OLSZEVSKI, Nelci, D.S., Universidade Federal de Viçosa, março de 2004.  
**Ambientes na bacia hidrográfica do Rio Preto, com ênfase à porção do Médio Alto Rio Preto.** Orientador: Liovando Marciano da Costa. Conselheiros: Elpídio Inácio Fernandes Filho, Carlos Ernesto G. R. Schaefer e Elizabeth Nogueira Fernandes.

Dentro do contexto de manejo integrado de bacias hidrográficas esse trabalho tem por objetivo a realização de estudos do meio físico na Bacia Hidrográfica do Rio Preto, buscando o estabelecimento das relações dos solos com os demais componentes dos meios natural e antrópico, de modo a dar suporte de uso e manejo adequados às condições locais. É dada ênfase à região hidrográfica do Médio Alto Rio Preto por se tratar de uma área mais intensivamente utilizada na exploração agropecuária e, conseqüentemente com maiores problemas de degradação dos recursos naturais: solo, água e vegetação. Para tal, foi realizada a caracterização de solos, geologia e vegetação a partir da base de dados do projeto RADAMBRASIL e, do relevo e hidrografia a partir de cartas topográficas (IBGE), utilizando-se os programas ArcInfo e ArcView do ESRI. Foram criadas classes para cada tema e calculadas as áreas de acordo com a legenda dos mapas. De posse dos mapas temáticos foi realizado o trabalho de campo que consistiu na observação e descrição da área em função do manejo e do estado de conservação da paisagem e, na descrição de perfis e coleta de amostras de solos para análises físicas e químicas. A BHRP possui uma área de 3.434,57 Km<sup>2</sup> e foi dividida em 6 regiões hidrográficas permitindo a observação de uma grande variedade de ambientes, incluindo desde áreas de preservação ambiental como o Parque Nacional do Itatiaia com altitudes entre 800 a 2787 m, até áreas

extensamente antropizadas e ocupadas por pastagens degradadas em altitudes de até 300 m. Em relação ao relevo, em 73% da área este apresenta-se como forte ondulado e montanhoso e, em 27% como ondulado, suave ondulado e plano. Os solos predominantes são Latossolo Vermelho Amarelo, Cambissolo e Neossolo Litólico, com manchas menores de Cambissolo Húmico na área do Parque e de Argissolos próximo ao Rio das Flores. A geologia é representada pelos Complexos Paraíba do Sul e Juiz de Fora em 87% da área e, em menores proporções estão o Grupo Andrelândia, o Gnaisse Piedade, a Suíte Intrusiva Três Córregos e as Rochas Intrusivas Alcalinas. O cruzamento das características de relevo, geologia e solos permitiu a separação de 4 unidades geoambientais: (i) Maciço Montanhoso do Itatiaia/Alto Rio Preto: caracterizado por um relevo bastante acidentado aliado à um ambiente pedológico frágil composto por Cambissolos e Latossolos Vermelho Amarelos com inclusões de Cambissolos Húmicos, Neossolos Litólicos, podendo ser caracterizada como de alto risco ambiental em relação a processos erosivos; (ii) Planalto Soerguido do Alto Rio Preto: o relevo varia de montanhoso a forte ondulado e ondulado com ocorrência de Argissolos no terço inferior e médio das colinas e de Cambissolos nas cristas de serras, associadas a um intenso desmatamento para uso com pastagens e ocorrência freqüente de processos erosivos severos; (iii) Maciço Montanhoso em Rochas Metassedimentares Proterozóicas: relevo forte ondulado a montanhoso e predominância de Cambissolos, Latossolos Vermelho Amarelos e Afloramentos de Rochas com riscos ambientais considerados altos e intensa ocorrência de processos erosivos com a retirada da vegetação; (iv) Planalto Deprimido do Médio Baixo Rio Preto: relevo mais suavizado em relação as outras UGs e ocorrência predominante de Latossolos Vermelho Amarelos e Cambissolos álicos com inclusões de Argissolos e Neossolos Litólicos, sendo uma área com alto grau de desmatamento e degradação, decorrentes do povoamento agropecuário tradicional, caracterizando-a como de alto risco ambiental em função da intensa exploração dos recursos naturais. Em relação aos 6 perfis estudados, todos foram classificados como Latossolos Vermelho Amarelos, com textura variando desde muito argilosa e franco-argilo-arenosa, apresentando reação ácida e distrofia e com índices Ki e Kr superiores a 0,75, denotando a natureza caulínica destes solos.

## ABSTRACT

OLSZEVSKI, Nelci, D.S., Universidade Federal de Viçosa, march, 2004.  
**Environments in Rio Preto watershed, with emphasis on the Mid High Rio Preto portion.** Advisor: Liovando Marciano da Costa. Committe Members: Elpídio Inácio Fernandes Filho, Carlos Ernesto G. R. Schaefer and Elizabeth Nogueira Fernandes.

This work aimed at surveying the Rio Preto Watershed (RPW) seeking to establish the relationships between soils and other components of natural and man-made environments so to support the use and management practices adequate to local conditions. The emphasis on the chosen area (RPW) is due to the fact that it is an intensely agricultured and grazed area with problems concerning the degradation of natural resources: soil, water and vegetation. We made the characterizations of soils, geology and vegetation after RADAMBRASIL project database, and of relief and hydrology after IBGE topographic charts with the use of ESRI's ArcInfo and ArcView softwares. Classes for each subject were created and areas were calculated according to maps legends. After thematic maps were drawn, field work, which consisted of observation and description of the area in relation to management and landscape conservation status, soil profiles descriptions and soil sampling for physical and chemical analyses. The RPHB has a total area of 3,434.57 Km<sup>2</sup> and was divided into 6 hydrologic regions which allowed the observation of a large variety of environments, from environmental preservation areas like Itatiaia National Park with altitudes ranging from 800 to 2787 m, to extensively used and overgrazed areas on altitudes up to 300 m. As to relief, 73% of the

area is strongly slopy and mountainous and 27% is slopy, gently slopy and plane. Soils are predominantly Red Yellow Latosols, Cambisols and Litholic Neosols with smaller Humic Cambisol spots in the Park's area and Argisols near Flores River. The local geology is represented by Paraiba do Sul and Juiz de Fora Complexes in 87% of the area and in smaller proportions by Andrelândia Group, Piedade Gneiss, Três Córregos Intrusive Suite and Intrusive Alkaline Rocks. From relief, geology and soil information it was possible to classify the area into 4 geo-environmental unities (GU): (i) Itatiaia/Alto Rio Preto Mountain Area: strongly slopy relief with a fragile soil environment of Cambisols and Red Yellow Latosols with inclusions of Humic Cambisols and Litholic Neosols, this area presents high environmental risks as related to erosional processes; (ii) Alto Rio Preto Uplifted High Plains: mountainous to strongly slopy and slopy relief with Argisols on basal and middle third of hills and Cambisols on the crest of mountains, the area is intensely deforested and grazed and afflicted by frequent severe erosive processes; (iii) Mountain Area on Proterozoic Metasedimentary Rocks: strongly slopy and mountainous relief with Cambisols, Red Yellow Latosols and Rock Outcrops with high environmental risks and frequent erosive processes due to deforesting; (iv) Médio Baixo Rio Preto Depressed High Plains: gentler slopy relief than the other GU's with predominant Red Yellow Latosols and (?alic) Cambisols with Argisols and Litholic Neosols spots, this area is highly deforested and degraded, mostly due to traditional land use practices with agriculture and herding, and presents a high environmental risk because of intense exploitation of natural resources. All the 6 described soil profiles were Red Yellow Latosols, ranging from very clayey to sandy-clay-loam textures, presented acid reaction and dystrophy, Ki and Kr indexes higher than 0.75 which denotes a kaolinitic nature.

## 1. INTRODUÇÃO

O avanço do conhecimento na área das ciências ambientais tem levado à proposição de inúmeros indicadores de proteção ou degradação dos recursos naturais em bacias hidrográficas. Tais indicativos derivam de diferentes áreas do conhecimento, principalmente geologia, geomorfologia, pedologia, biologia e hidrologia. Muitos desses índices correlacionam-se entre si e possuem significados próximos. Outros assumem importância em alguma situação específica, sendo, no entanto, secundários em muitas outras.

Segundo GUERRA et al (1996), as bacias hidrográficas integram uma visão conjunta do comportamento das condições naturais e das atividades humanas nelas desenvolvidas, uma vez que, mudanças significativas em qualquer dessas unidades, podem gerar alterações, efeitos e impactos a jusante e nos fluxos energéticos de saída (descarga, cargas sólidas e dissolvidas).

O manejo integrado de bacias hidrográficas é, segundo ROCHA (1991), o melhor caminho a ser seguido para a recuperação ambiental, conduzindo ao equilíbrio do ecossistema. O manejo integrado consiste na elaboração e aplicação dos seguintes diagnósticos básicos: físico-conservacionista, sócio-econômico, ambiental, da água, da fauna, da vegetação e do solo, e dos subdiagnósticos, os quais levantam todos os problemas da bacia, analisam os conflitos e indicam as soluções em todos os níveis, integrando conclusões e recomendações (prognósticos) para a recuperação do meio ambiente.

Ainda, segundo ROCHA (1991), existem seis índices diretamente relacionados com a deterioração ambiental e que devem ser descritos no processo de elaboração do estudo de uma bacia hidrográfica. São eles: comprimento da vazão superficial, densidade de drenagem, índice de circularidade, índice de forma,

declividade média da bacia e coeficiente de rugosidade. Aliado ao estudo e descrição destes índices, devem ser definidos e classificados os diversos componentes da paisagem em relação a solos, geologia, geomorfologia, vegetação e água. A separação do ambiente em diferentes classes de acordo com a origem, permitirá um estudo mais detalhado e seguro de cada unidade, bem como um planejamento mais minucioso e coerente de acordo com suas características.

Estes ambientes caracterizam-se por apresentar grande diversidade de características naturais e de uso e ocupação antrópica. Sendo assim, considera-se que o conhecimento das características dos domínios pedológicos, geológicos e geomorfológicos de uma bacia hidrográfica poderá fornecer importantes ferramentas no estudo do planejamento e conservação dos seus recursos naturais.

Apesar de grandes esforços empreendidos por instituições e pesquisadores, verifica-se a carência de estudos na caracterização e no planejamento do uso dos recursos naturais desses ambientes.

Dentro do contexto de manejo integrado de bacias hidrográficas esse trabalho tem por objetivo a realização de estudos do meio físico na Bacia Hidrográfica do Rio Preto, buscando o estabelecimento das relações dos solos com os demais componentes dos meios natural e antrópico, de modo a dar suporte de uso e manejo adequados às condições locais. É dada ênfase à região hidrográfica do Médio Alto Rio Preto por se tratar de uma área mais intensivamente utilizada na exploração agropecuária e, conseqüentemente com maiores problemas de degradação dos recursos naturais: solo, água e vegetação.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Geoprocessamento e Sistemas de Informações Geográficas**

O geoprocessamento é proposto como forma de atender as necessidades referentes ao monitoramento, caracterização e planejamento de decisões relativas ao espaço geográfico, abrindo perspectivas diferenciadas aos profissionais que atuam com o meio ambiente (ÁGLIO et al., 1997; PEREIRA et al., 1998).

Entende-se por geoprocessamento, o conjunto de técnicas computacionais para a coleta e tratamento das informações geográficas, bem como o desenvolvimento e uso de sistemas para a manipulação destas informações (RODRIGUES, 1995; CÂMARA e MEDEIROS, 1998). Estes sistemas são denominados de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs).

De acordo com FERREIRA (1997), os SIGs podem ser considerados um instrumento para mapear e indicar respostas às várias questões sobre planejamento urbano e regional, meio rural e levantamento de recursos renováveis, descrevendo os mecanismos das mudanças que operam no meio ambiente e auxiliando no planejamento e manejo dos recursos naturais de regiões específicas.

A utilização de técnicas de geoprocessamento constitui-se em instrumento de grande potencial para o estabelecimento de planos integrados de conservação do solo e da água. Nesse contexto, os SIGs se inserem como uma ferramenta capaz de manipular as funções que representam os processos ambientais em diversas regiões de uma forma simples e eficiente, permitindo economia de recursos e tempo. Estas manipulações permitem agregar dados de diferentes fontes (por exemplo: imagens de satélite, mapas topográficos, mapas de solo, etc) e diferentes escalas. O resultado destas manipulações, geralmente, é apresentado sob a forma de mapas temáticos com as informações desejadas (MENDES, 1997).

Segundo ASSAD (1993), a modificação rápida do uso do meio físico, decorrente da intensificação e da modernização da agricultura, particularmente em áreas de expansão de fronteira agrícola, impõe a adoção de técnicas de avaliação e de diagnóstico que acompanhem a dinâmica espaço-temporal do uso da terra. Por meio dos SIGs pode-se monitorar a variação de temas, obtendo-se novos mapas com rapidez e precisão, a partir da atualização dos bancos de dados. Trata-se, portanto, de uma importante ferramenta no estudo de potencialidades do meio ambiente. No caso específico de avaliação da aptidão das terras para a agricultura, etapa importante para a definição de práticas adequadas de manejo e conservação do solo e da água, os SIGS podem facilitar o trabalho de representação gráfica das classes e de atualização das informações. Mas, a sua maior contribuição parece ser o fato de minimizar a complexidade e o grau de subjetividade de estimativas feitas a partir de cruzamentos realizados de forma manual. Contudo, cabe ressaltar a necessidade de dispor de bases cartográficas confiáveis ou, pelo menos, espacialmente ajustadas.

Assim, os SIGs não devem ser entendidos apenas como meio de produção de mapas temáticos e, sim, como base metodológica para a análise ambiental, devendo ser utilizados para gerar informações e criar modelos de processos ambientais que auxiliem nas tomadas de decisões relativas ao planejamento e conservação dos recursos naturais (FERREIRA, 1997; MENDES, 1997)

As diferentes aplicações de tecnologias dos SIGs na caracterização dos recursos naturais, são encontradas em diversos trabalhos. Autores como PINTO et al. (1989), LEITE e OLIVEIRA (1997), FERNANDES et al. (1997) e VALÉRIO FILHO et al. (1997), obtiveram resultados satisfatórios em relação à determinadas classes de aptidão agrícola, uso e ocupação do solo como determinantes no monitoramento das alterações ambientais em microbacias hidrográficas, através de técnicas de geoprocessamento.

## **2.2. Bacia Hidrográfica como unidade de planejamento e uso do solo**

O desenvolvimento agrícola sustentável implica no gerenciamento e na conservação dos recursos naturais, orientando as mudanças tecnológicas para assegurar a realização satisfatória das necessidades humanas das gerações

presentes e futuras. Este desenvolvimento sustentado conserva os recursos genéticos, não degrada o meio ambiente, é apropriado tecnicamente, viável economicamente e aceitável socialmente (FAO, 1990). Assim, o uso adequado da terra consiste no primeiro passo em direção à agricultura sustentável e, diz respeito à classificação da terra de acordo com a sua capacidade de suporte, com a identificação da sua adaptabilidade para fins diversos, sem que sofra degradação.

Como o meio ambiente se constitui num sistema bastante heterogêneo em relação às condições climáticas, cobertura vegetal, classes de solos, recursos hídricos, relevo e aspectos geológicos, faz-se necessário o seu estudo a partir de áreas de terra que possuam semelhança ou, pelo menos, proximidade de características nos aspectos acima citados. Neste sentido, a Bacia Hidrográfica é a unidade geográfica ideal para um planejamento integrado dos recursos naturais no ecossistema por ele envolvido (ASSAD, 1995). Naturalmente delimitada por seus divisores de água, esta representa um ecossistema individualizado, facilmente monitorável em todos os seus aspectos, constituindo um campo ideal para estudos do comportamento dos solos frente ao uso e manejo (FREITAS e KER, 1996).

Sendo assim, de acordo com SILVA (1996), a adoção destas unidades geográficas como entidade espacial de planejamento é um dos fatos apontados como decisivo e que deverá constituir um marco no processo de desenvolvimento rural. Por corresponderem a espaços geográficos delimitados por divisores de água, que são os próprios limites definidos pela natureza, permitem a integração de práticas, facilitam o planejamento e gerenciamento, favorecem a organização comunitária, criam uma consciência conservacionista, concentram esforços, solucionam problemas coletivos, enfim criam as condições que tornam compatíveis as atividades produtivas com a conservação ambiental, dentro do conceito de desenvolvimento sustentável. Este último, definido como a verificação minuciosa da capacidade de suporte do ambiente em razão desta ou daquela atividade produtiva (PINHEIRO, 1995).

De acordo com RESENDE et al. (2002), por muito tempo, o planejamento e o exercício da conservação têm tido, freqüentemente, enfoques reducionistas e que se aplicam apenas a segmentos da paisagem geral o que leva ao desequilíbrio do ambiente natural por erosão, assoreamento e eutrofização das águas. Portanto, a bacia de drenagem, particularmente a pequena bacia, parece localizar, de forma

natural, o problema de conservação dos recursos naturais, em razão da interdependência dos atributos bióticos e abióticos no seu interior.

Destacam-se algumas vantagens de trabalhos de planejamento do uso da terra em bacias hidrográficas, segundo NACIF (1994): por ser uma unidade natural, permite uma visão conjunta das condições naturais e atividades humanas; existe o reconhecimento do papel integrador que a água exerce entre os recursos naturais, reafirmando a noção de conjunto; existe uma facilidade de monitoramento dos níveis de degradação do ambiente e fiscalização das responsabilidades, uma vez que as águas estarão em equilíbrio com a qualidade ambiental da bacia; facilidade de realização da educação ambiental a partir de realidades locais, explorando a multiplicidade de ambientes integrados na bacia; auxilia o controle social do ambiente; integração de atividades e programas das diversas instituições: agrícolas, industriais, saúde, lazer e educação.

### **2.3. Caracterização do meio físico como ferramenta para o planejamento**

As diferentes interações e processos que ocorrem entre os componentes do meio físico: solos, relevo, geologia e cobertura vegetal, em conjunto com fatores climáticos e com o tempo são responsáveis pela ocorrência de diferentes paisagens na natureza. As combinações entre estes componentes são responsáveis pela heterogeneidade da superfície terrestre e pela necessidade de sua estratificação em ambientes homogêneos para fins de planejamento de uso e conservação. De acordo com BIE et al. (1996), a degradação das terras é freqüentemente induzida por atividades humanas e os principais fatores para a degradação ambiental são as práticas agrícolas inadequadas incluindo super-pastoreio, desmatamento e super-exploração dos recursos florestais para fins energéticos. Assim, os estudos a respeito da capacidade de suporte têm se mostrado como ferramentas importantes e aumentado o conhecimento a respeito da potencialidade e da sustentabilidade das terras em nível regional (BIE et al., 1996).

De acordo com RESENDE et al. (2002), a partir da adoção da bacia hidrográfica como unidade espacial de planejamento, o problema de

conservação dos recursos naturais, em razão da interdependência dos atributos bióticos e abióticos no seu interior mostrou-se condizente com as premissas do desenvolvimento sustentável.

Os principais componentes de uma paisagem podem ser caracterizados por intermédio da avaliação dos recursos naturais de uma bacia hidrográfica representativa de tal paisagem. A rede de drenagem, a geologia, a geomorfologia e a vegetação são recursos naturais que interagem entre si e entre a distribuição de classes de solos, considerado o principal recurso natural na elaboração de propostas de planejamentos racionais de uso das terras. Estes programas que visam o uso sustentável preocupam-se com a conservação dos recursos naturais e envolvem a análise integrada deles e dos seus fatores de interdependência (RESENDE et al., 2002)

O ambiente conformado pela bacia comporta vários microambientes ou sítios ecológicos diferenciados pelos seus vários recursos naturais (geomorfologia, geologia, clima, tipo de cobertura vegetal e distribuição de solos, entre outros). Assim, um trabalho de estratificação ambiental é fundamental para identificar e mapear esses microambientes ou sítios ecológicos. Estes, por sua vez, estão fortemente relacionados com os diversos estratos da paisagem que compõe um dado ambiente (SILVA, 2000).

Segundo ROSTAGNO (1999), existe uma grande relação entre o solo e a paisagem. A paisagem e os perfis de solos tornam-se um registro de como os fluxos internos e externos de energia têm-se dissipado com o decorrer do tempo. As espessuras do solo e do regolito em qualquer ponto dependerão das taxas relativas de remoção e formação do solo. Sendo assim, em nível de bacia hidrográfica, a avaliação dos ecossistemas e de seus recursos naturais é facilitada pela estratificação deles; e, em função da interação dos demais recursos naturais com os solos e vice-versa, a estratificação de ambientes por intermédio do levantamento de solos é bem representativa (RESENDE, 1985). Logo, o planejamento racional do uso dos solos pode, então, ser utilizado na programação de manejo de uma bacia como um todo, visando o controle ambiental. Desse modo, os aspectos de geologia, vegetação natural, relevo, hidrografia e natureza e distribuição dos solos, constituem fatores de caráter mais uniforme ao se adotar como base de estudo uma unidade ambiental homogênea, como é o caso das bacias hidrográficas.

### **2.3.1. Aspectos hidrológicos**

Um dos desafios básicos da análise hidrológica é o delineamento e a caracterização morfométrica das bacias hidrográficas e da rede de drenagem associada. Tal informação é de utilidade em numerosas aplicações tais como na modelagem dos fluxos hidráulicos, no transporte e deposição de poluentes e na predição de inundações (WANG e YIN 1998; THIERFELDER, 1998; CEBALLOS e SCHNABEL, 1998).

Segundo VILLELA e MATTOS (1975) os índices morfométricos se constituem em elementos de grande importância para a avaliação do comportamento hidrológico de uma bacia, pois, ao estabelecerem-se relações e comparações entre eles e dados hidrológicos conhecidos pode-se determinar indiretamente os valores hidrológicos em locais nos quais faltem dados. Para SOARES (2000), a dinâmica do movimento de água depende fundamentalmente da morfologia da bacia, por isto seu conhecimento é essencial para o estabelecimento de estratégias de manejo. Mas, até pouco tempo tais características físicas eram obtidas, unicamente, através do exame dos detalhes das curvas de nível e da rede de drenagem das bases cartográficas e, manualmente, realizavam-se a interpretação e delimitação de seus limites. Desta forma, o uso de modelos ou de métodos que requeriam medidas precisas das características da superfície eram questionados (WANG e YIN, 1998).

Com o advento dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) as informações morfológicas e hidrológicas de uma região podem ser obtidas através do processo de modelagem, com a obtenção, por exemplo, dos modelos digitais de elevação (MDE). A partir da geração do MDE podem ser derivadas as características e os índices físicos de uma bacia hidrográfica de uma forma mais precisa.

GARBRECHT e MARTZ (1999) afirmam que os modelos digitais de elevação (MDE) são usados frequentemente como fonte de dados topográficos para modelagem hidrológica em bacias hidrográficas. A popularidade crescente do uso destes modelos nos Estados Unidos é atribuída, em parte, pelo custo viável, fácil acesso aos dados, cobertura completa e contínua em diferentes resoluções e pelo avanço das potencialidades dos SIGs para processar os

dados. A qualidade e a resolução do MDE são duas características importantes que podem interferir nos resultados de sua aplicação.

Depois da geração do MDE, os novos planos de informações, como: declividade, rede de drenagem, individualização de bacias hidrográficas e obtenção dos índices morfométricos são derivados usando-se técnicas padrão do SIG. Dentre as principais características físicas que devem ser descritas e estudadas em uma bacia hidrográfica, estão as que relacionam-se com seu formato, suas dimensões, seu sistema de drenagem e seu relevo e incluem, segundo VILLELA e MATTOS (1975):

- área de drenagem (A): é definida como a projeção da área delimitada pelo divisor de águas sendo fundamental para definir a potencialidade hídrica da bacia hidrográfica;
- perímetro (P): é obtido através do comprimento médio ao longo do divisor de águas;
- comprimento do curso d'água principal (L): comprimento do rio desde a nascente até sua foz;
- comprimento total dos cursos d'água (Lt): é o somatório do comprimento de todos os tributários desde a nascente até a sua foz, incluindo o curso d'água principal;
- coeficiente de compacidade (Kc): é definido como a relação entre o perímetro da bacia e o perímetro da circunferência de um círculo de área igual à da bacia. Segundo VILLELA e MATTOS (1975), este coeficiente é um número adimensional que varia com a forma da bacia, independente do seu tamanho. Quanto mais irregular for a bacia, tanto maior será o coeficiente de compacidade. Um coeficiente mínimo igual à unidade corresponderia a uma bacia circular. Se os outros fatores forem iguais, a tendência para maiores enchentes (picos) é tanto mais acentuada quanto mais próximo da unidade for este número;
- fator de forma (Kf): relaciona a largura média e o comprimento axial da bacia. Mede-se o comprimento da bacia (L) quando se segue o curso d'água mais longo desde a desembocadura até a cabeceira mais distante da bacia. A largura média (L) é obtida quando se divide a área pelo comprimento da bacia. Constitui outro índice indicativo da maior ou menor tendência para enchentes

numa bacia. Uma bacia com um fator de forma baixo é menos sujeita a enchentes que outra de mesmo tamanho porém com maior fator de forma. Isso se deve ao fato de que numa bacia estreita e longa, com fator de forma baixo, há menos possibilidade de ocorrência de chuvas intensas cobrindo simultaneamente toda sua extensão;

- ordem dos cursos d'água: ou hierarquização do sistema de drenagem fluvial é uma classificação que reflete o grau de ramificação ou bifurcação dentro de uma bacia;
- declividade média da bacia ( $S_m$ ) e elevação média da bacia ( $E$ ): controlam, em boa parte, a velocidade com que se dá o escoamento superficial, afetando, portanto, o tempo que leva a água da chuva para concentrar-se nos leitos fluviais que constituem a rede de drenagem das bacias;
- declividade entre a foz e a nascente ( $S_1$ ): A declividade do rio principal de uma bacia fornece uma estimativa da velocidade de escoamento deste rio, tendo influência sobre a maior ou menor susceptibilidade a enchentes;
- extensão média do escoamento superficial ( $l$ ): é definido como sendo a distância em que a água da chuva teria que escoar sobre os terrenos de uma bacia caso o escoamento se desse em linha reta desde onde a chuva caiu até o ponto mais próximo no leito de um curso d'água qualquer da bacia. Embora a extensão média do escoamento superficial que efetivamente ocorre sobre os terrenos possa ser bastante diferente dos valores determinados pela equação, devido a fatores de influências, este índice constitui uma indicação da distância média do escoamento superficial (VILLELA e MATTOS, 1975).
- densidade de drenagem ( $D_d$ ): fornece uma indicação do grau de desenvolvimento de um sistema de drenagem. Como a densidade de drenagem varia inversamente com a extensão do escoamento superficial, fornece uma indicação sobre a eficiência de drenagem na bacia;
- padrão de drenagem: é a maneira pela qual os cursos d'água se arranjam dentro de uma dada área de drenagem, sendo os mais comuns: dendrítico, paralelo, radial e treliça.

### 2.3.2. Relevo

Diz respeito à configuração e às formas do terreno que compõe uma paisagem. O relevo é um dos fatores passivos de formação do solo, mas extremamente importante, pois solos diferentes podem se formar apenas em função de diferentes posições na paisagem, mantendo-se constantes os outros fatores.

De acordo com EMBRAPA (1999), o relevo é classificado em função da declividade, do comprimento da encosta e da configuração superficial dos terrenos, que afetam as formas do modelado (formas topográficas) de áreas de ocorrência das unidades de solo. São reconhecidas seis classes de relevo: plano (possui declividades variáveis entre 0 a 3%); suave ondulado (3 a 8%); ondulado (8 a 20%); forte ondulado (20 a 45%), montanhoso (45 a 75%) e escarpado (declividades maiores do que 75%). Estas distinções são empregadas para prover informações sobre a praticabilidade de emprego de equipamentos agrícolas, mormente os mecanizados e, facilitação de inferências sobre a susceptibilidade dos solos à erosão.

O relevo influencia a formação do solo interagindo com outros fatores como clima, material de origem e tempo, sendo as suas relações muito importantes para explicar a evolução das propriedades e atributos do solo (RESENDE et al., 2002). Segundo MARQUES JUNIOR (1995) citado por ANDRADE et al. (1998), a ocorrência dos solos na paisagem está intimamente relacionada às condições das superfícies geomórficas e à compartimentação destas superfícies segundo os respectivos segmentos de vertentes, que constituem, portanto, um importantes instrumento para os trabalhos de levantamento e mapeamento de solos, principalmente na etapa de campo.

As formas de relevo possuem relação direta sobre aspectos de degradação ambiental como processos erosivos, assoreamento e riscos de inundações. Segundo SCHAEFER et al. (2000), os riscos ambientais podem ser associados aos tipos de modelados e respectivos ambientes pedológicos, tendo-se cautela para não se generalizar as informações sem o prévio conhecimento das condições locais, como ocorrência de inclinações de estratos, presença de falhas, de diques, de soleiras, de aquíferos ou de nascentes. Segundo os autores, de forma geral, em modelados de dissecação com ocorrência de cristas e escarpas, são encontrados os domínios pedológicos de Cambissolos e Neossolos Litólicos e, em menor

proporção os Cambissolos Latossólicos. Nesta paisagem os riscos ambientais são severos, com movimento de massa, formação de ravinas e voçorocas sob intervenção antrópica, como pastagens degradadas e decapitação dos solos em rochas mais félsicas. Há, também, graves riscos de deslizamentos.

Ainda, segundo SCHAEFER et al. (2000), em modelados de dissecação convexa em clima úmido, como ocorre no domínio morfoclimático dos Mares de Morros, são encontrados os domínios pedológicos dos Latossolos Vermelho Amarelos e Cambissolos Latossólicos e, em menor proporção os Argissolos Vermelhos e Vermelho Amarelos. Nesta paisagem os riscos ambientais são classificados como moderados a baixos nos Latossolos; moderados a altos nos Cambissolos Latossólicos e altos a severos nos Argissolos em função da erodibilidade acentuada e intensa morfogênese, com solos mais rasos e expostos.

### **2.3.3. Geologia**

Além do relevo, o conhecimento e a identificação das unidades geológicas é de fundamental importância para o entendimento da gênese dos solos. A identificação do material de origem permite avaliar o grau de influência dos fatores e processos pedogenéticos na variabilidade dos solos (ARNOLD, 1983). De acordo com TERAMOTO (1995), a distribuição espacial do material de origem, que nem sempre apresenta-se de forma uniforme e contínua, é de grande importância para a compreensão da ocorrência dos solos na paisagem.

De acordo com SCHAEFER et al (2000), de maneira geral, as rochas, por controlarem o fluxo de liberação de nutrientes, condicionam a cobertura vegetal, os solos e os mecanismos erosivos mais freqüentes. Por exemplo, o grupo de rochas cristalinas ácidas, representado por granitos, gnaisses e migmatitos, mais provavelmente, apresentará problemas de erosão em sulcos e ravinas comuns e, voçorocas, onde ocorrem saprolitos profundos e expostos (área de Cambissolos).

Na região de Lavras-MG foi elaborado um estudo por CURI et al. (1990) sobre a interdependência entre superfícies de erosão e distribuição de solos na paisagem. Os resultados mostraram que as variações químicas, físicas e

mineralógicas dos solos amostrados foram devidas, principalmente, a diferenças no material de origem e na idade do solo.

Ainda, segundo RICCOMINI et al. (2001), os tipos de rochas e de estruturas geológicas presentes no substrato irão influenciar as características dos padrões de drenagem de uma determinada área. Também, a natureza e o arranjo espacial das rochas do substrato das bacias de drenagem exercem um papel fundamental quanto ao sentido de fluxo das águas nos seus cursos. O padrão de drenagem mais comumente observado é o dendrítico, no qual o arranjo de drenagem assemelha-se à distribuição dos galhos de uma árvore e ocorre quando a rocha dos substratos é homogênea, como por exemplo, um granito, ou ainda, no caso de rochas sedimentares com estratos horizontais. Um segundo padrão é o paralelo, desenvolvido em regiões de relevos acentuadas, onde as estruturas do substrato orientam-se paralelamente à declividade do terreno. Nos casos em que a drenagem distribui-se em todas as direções a partir de um ponto central, como um cone, tem-se o padrão radial. Quando a drenagem exhibe em planta um padrão retangular, mas com os tributários paralelos entre si, ocorre o padrão em treliça, típico de regiões com substrato rochoso onde se alternam rochas mais ou menos resistentes em faixas paralelas com planos de fraqueza ortogonais.

#### **2.3.4. Solos**

Indiscutivelmente o solo é um dos recursos naturais dos mais importantes, estando todas as formas de vida, seja animal ou vegetal, terrestre ou aquática, direta ou indiretamente relacionada com ele. Sendo parte integrante do sistema, está em equilíbrio dinâmico com todos os outros componentes deste e, rompido este equilíbrio natural, tende a se degradar. Entretanto, como a utilização do solo é necessária, principalmente com a exploração agropecuária, deve-se minimizar as conseqüências desta interferência, que tem início com a retirada da cobertura vegetal e continua de maneira mais ou menos intensa de acordo com o manejo ao qual é submetido.

A paisagem de uma dada área é resultante da atuação do clima e dos organismos sobre o material de origem, por um determinado tempo e sob

determinadas condições de relevo. Segundo RESENDE et al. (2002), o relevo está intimamente ligado ao fator tempo na gênese dos solos. É, portanto, de se esperar que na paisagem brasileira, onde os processos de pedogênese são bastante ativos, ele tenha um papel crítico como controlador do tempo de exposição aos agentes bioclimáticos. Com relação às classes de solos, sua natureza e distribuição são função, principalmente, do material de origem e do modelado do relevo, que irá permitir maior ou menor desenvolvimento pedogenético. Segundo PALMIERI e LARACH (1996), mesmo em nível generalizado, são bem conhecidas no Brasil as inter-relações fundamentais entre as ocorrências de classes de solos e as unidades de relevo, bem como os aspectos da vegetação natural. De acordo com SMITH e AANDAHL (1957) citados por SILVA (1993a), as unidades de solos não ocorrem ao acaso na paisagem. Estas possuem um padrão de distribuição que se repete e que está relacionado à forma do terreno (relevo), ao material de origem deste solo, com os organismos que nele vivem e com o tipo de uso dado pelo homem. O estudo da rede de drenagem e do relevo, associado a observações sobre os aspectos geológicos, pode auxiliar na diferenciação das unidades de solos (VIEIRA, 1991). Diversos trabalhos relacionando solos, material de origem e geomorfologia foram realizados por LEPSCH e BUOL (1975), CARMO et al. (1984) e TERAMOTO (1995).

Portanto, se as características dos solos variam em função da variação dos seus elementos formadores, as diversas gradações resultantes necessitam, muitas vezes de tratamentos diferenciados. Partindo-se deste pressuposto, chega-se a conclusão de que para a escolha da melhor utilização e das práticas de manejo mais adequadas, é necessário se conhecer o solo sob seus vários aspectos. Sendo assim, dentre estes aspectos utilizados na avaliação de suas aptidões, as características físicas são de grande importância e, para tal conhecimento, é necessário que se realize um estudo de estratificação e distribuição das classes de solos de ocorrência na área de interesse. Segundo RESENDE et al (2002), ao se reconhecer e estratificar os solos de uma Bacia Hidrográfica é importante se realizar a avaliação de sua profundidade, sua pedoforma e seu declive e, a variação vertical de características como textura, porosidade e da eventual presença de camadas impermeáveis. Estes atributos,

uma vez identificados e avaliados, podem subsidiar uma previsão de susceptibilidade à erosão e de possíveis efeitos de poluição de mananciais.

#### **2.4. Origens históricas do Vale do Rio Preto**

Até antes de 1780, o Vale do Rio Preto era habitado somente por índios, pois a região era denominada “Área Proibida”, cujas terras deveriam continuar improdutivas para evitar o extravio do ouro das minas para o litoral. Durante o século XVIII, o extrativismo mineral intensificou-se com a finalidade de aumentar as reservas monetárias do Estado e o Rio Preto constituiu-se num excelente ponto de passagem para o contrabando de ouro e diamantes. Os primeiros habitantes de todo o vale do Rio Preto foram os índios Coroados. A região circunscrita à bacia do rio Preto e proximidades de Paraíba do Sul deveria possuir, em meados do século XVIII cerca de 1400 índios, sendo, então, atual cidade de Marquês de Valença, estado do Rio, o principal aldeamento. Por ordens do Vice-rei Luiz de Vasconcelos e Souza, deu-se início, por volta de 1769, a catequese e civilização dos silvícolas do território, sendo o capitão Inácio de Souza Wernecke e padre Manoel Gomes Leal encarregados dessas missões. A partir de 1781, um caminho foi construído às margens do Rio Preto, com o objetivo de manter a vigilância na região. Por decisão imperial, foram distribuídas nessa região, várias sesmarias que tinham como base econômica o cultivo do café e da cana com mão-de-obra escrava e que deram origem ao povoado de Rio Preto. Tal atividade acabou por provocar a abertura do Sertão do Rio Preto à mineração, permitindo seu povoamento o qual se intensificou a partir de 1817 quando foram abertas várias estradas na região (CASTRO, 1992).

A importância dessas trilhas é que elas, seguramente, marcaram os caminhos do desenvolvimento regional e são, ao mesmo tempo, determinantes e conseqüências da civilização desta vasta área que vai do Vale do Paraíba aos contrafortes da Serra do Mar. A título de ilustração do assunto, vale lembrar o que nos diz o historiador Gilberto Ferrez em sua obra, “Colonização de Teresópolis,” publicada pelo Instituto Histórico Nacional:

*“...Com a abertura da Estrada Nova de Minas, pelo Guarda-Mor, Garcia Rodrigues Paes (a do Couto) em 1704, época dos Governadores-gerais e dos Vice-Reis e mais adiante, a importante variante do Sargento-Mor, Bernardo Soares Proença (a do Inhomirim), em 1723 – época do quarto Vice-Rei, Conde de Sabugosa, que passando por Estrela, no Vale do Rio Caioba, Córrego Seco (Petrópolis), Pe. Correa, Secretário, Cebolas, para alcançar a Estrada Nova em Entre Rios, encurtava de quatro dias o trajeto para as Minas, as fazendas foram aos poucos invadindo as margens do Paraíba do Sul em direção à Sapucaia e Porto Novo e subindo os afluentes da margem direita, como o Rio Preto. Esta conquista do Sertão por trás da Serra dos Órgãos era mais fácil vindo do Paraíba do que galgando o tremendo paredão recoberto de densa mata virgem da Serra dos Órgãos e do Socavão...”*

Até meados do século XVIII, a agricultura e a pecuária concentravam-se na faixa litorânea do território brasileiro, onde a monocultura da cana-de-açúcar e as pastagens substituíam as árvores e os animais da Mata Atlântica. Praticamente toda a BHRP era coberta por florestas. Mas, nas últimas décadas do século XVIII teve início a segunda grande monocultura agrícola de exportação no país – o café – expandindo-se, a partir dos núcleos de apoio das rotas de exploração de minérios do interior, entre o Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais (CEIVAP, 2001).

Tal como a cana de açúcar, a cafeicultura desenvolveu-se sob um “tripé colonial”: monocultura, latifúndio e trabalho escravo onde o cuidado com o que hoje se chama capacidade de uso das terras era absolutamente inexistente. O modo inadequado de cultivo do café, em linhas ao longo das encostas em uma região de relevo predominantemente acidentado, levou a cafeicultura rapidamente à decadência reduzindo a extensão e a importância econômica do café em menos de um século de exploração. Enquanto avançava a decadência da cafeicultura, a pecuária se desenvolvia, substituindo a agricultura como atividade econômica principal, até meados do século XX, quando o País entra na era industrial, transformando a região de uma condição de economia e população essencialmente rurais para uma condição predominantemente urbana, em menos de três décadas (CEIVAP, 2001).

## **3. MATERIAL E MÉTODOS**

### **3.1. Caracterização da área em estudo**

#### **3.1.1. Localização**

A distribuição espacial e os limites dos municípios que formam a BHRP estão representados na Figura 1. É observado o curso do Rio Preto que serve como divisor geográfico entre os Estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro.

### **3.2. Descrição da área**

#### **3.2.1. Aspectos físicos gerais**

A Serra da Mantiqueira é uma cadeia de montanhas com extensão e limites nem sempre definidos, que se estende por três estados do Sudeste brasileiro: Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro. Apresenta desníveis bem característicos que excedem os 2.000 metros, sendo recortada por vales profundos e escalonados, tendo os Vales dos Rios Paraíba do Sul e Preto como os de maior importância econômica e histórica constituindo a Região do Médio Paraíba. À sombra do pico das Agulhas Negras, no Parque Nacional do Itatiaia, a uma altitude de 2787 metros, nasce o Rio Preto, com bacia de aspecto elipsóide, com maior eixo em direção leste-oeste, adaptando-se às falhas do terreno. Em sua extensão de 224 km, serve de limite a dois estados: Rio de Janeiro e Minas Gerais, formando o Vale do Rio Preto (CASTRO, 1992).

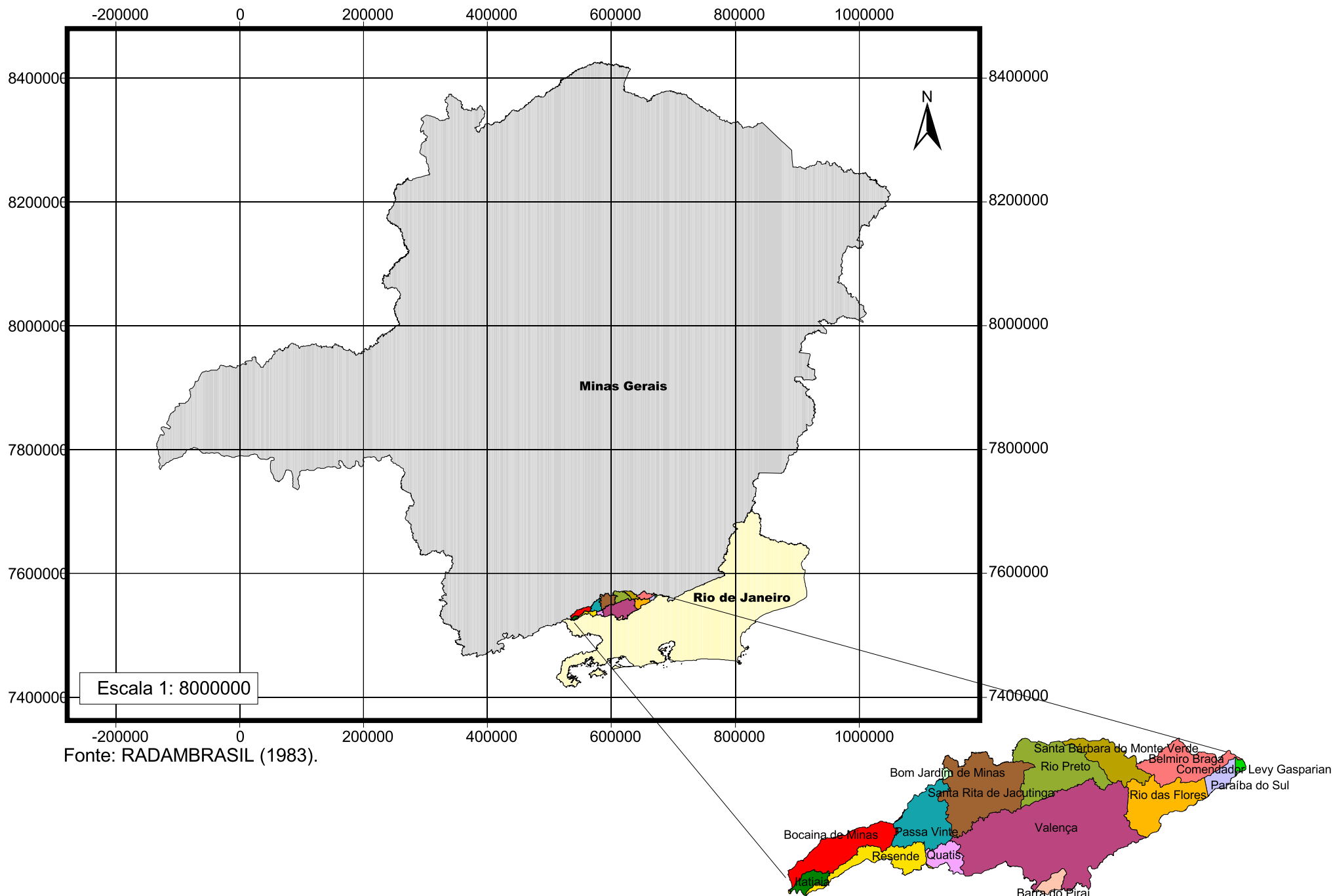


Figura 1: Distribuição espacial e limites geográficos dos municípios da BHRP, nos estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro.

A denominação de Rio Preto (Paraúna ou Parapeúna – pelos silvícolas), possivelmente teve origem devido ao reflexo das densas florestas às suas margens e ao leito de areias contendo partículas escuras, conferindo-lhe coloração enegrecida. Ao descer pela serra, recebe água de vários afluentes, córregos e ribeirões. Pela margem esquerda, destacam-se os rios Pirapetinga e São Lourenço e, pela margem direita, os rios São Fernando, Bonito e Rio das Flores. Muitos outros córregos deságuam no rio Preto, até onde este se torna um tributário do rio Paraibuna, o qual deságua no rio Paraíba do Sul, próximo à cidade de Três Rios, no Estado do Rio de Janeiro (CASTRO, 1992).

A vegetação que reveste a Mantiqueira é remanescente do ecossistema primitivo, existindo vários graus de degradação causados pelo homem, seja para a organização de núcleos urbanos, seja para o desenvolvimento da agropecuária ou exploração extrativista. A maneira como a cultura cafeeira expandiu-se, com a utilização de técnicas rudimentares, em meados do século passado e a exploração sistemática de madeiras a fim de suprir energia em fábricas e para a formação de pastos, fizeram com que nas áreas rurais deste vale, a quase totalidade da vegetação florestal fosse destruída trazendo também, sérias conseqüências à conservação dos solos. Hoje, a cobertura vegetal é constituída principalmente de capins gordura, braquiária e napier. A destruição e substituição, por pastagens, das florestas situadas em áreas íngremes e margens dos rios resultou em desequilíbrios ambientais, alterações climáticas, destruição da flora e da fauna, além de erosão e empobrecimento dos solos (CASTRO, 1992).

### **3.2.2. Clima**

Do ponto de vista climático, a BHRP apresenta essencialmente duas zonas de clima mesotérmico (Cwa e Cfb), com dinâmicas estendendo-se paralelas à linha da costa, ou seja, moldando-se na direção geral NE-SW, paralela à cadeia de montanhas.

O clima mesotérmico é dominante com verões brandos e estação chuvosa, de temperatura média anual entre 17°C e 20°C, com geadas esporádicas entre maio e agosto. Nas regiões mais elevadas, de cota superior a 1.000 metros, a temperatura oscila entre 16oC e 19oC com a ocorrência esporádica de geadas.

Cumprе salientar, no entanto, que à medida que diminuem as altitudes, um período seco se apresenta, chegando a abranger três meses consecutivos. As médias de inverno mais baixas ocorrem no Alto Itatiaia (9,1oC), assim como os índices pluviométricos que lá atingem 2.395 mm (CASTRO, 1992).

Os tipos climáticos apresentam-se assim definidos:

Cwa - mesotérmico com invernos secos e verões quentes; estações chuvosas esparsas no verão ao longo das depressões e planaltos do Rio Preto, situados nas elevações de 300 a 700 metros, bem definidos e de ocorrência em cerca de 80% da área;

Cfb – mesotérmico, chuvoso, verão fresco, temperado, sem estação seca, típico no entorno das áreas mais montanhosas como no Planalto do Itatiaia, incluindo o Pico das Agulhas Negras e a parte norte da BHRP.

### **3.2.3. Solos**

A bacia hidrográfica do Rio Preto está inserida no Domínio Morfoclimático de Mares de Morros (AB'SABER, 1970), sendo uma região acidentada e coberta, originalmente, por floresta tropical, com substrato de rochas cristalinas, principalmente granitos e gnaisses. O solo, em particular o horizonte Cr, tende a ser muito profundo, mas há grandes afloramentos de rochas, em particular quando de estrutura granítica, isto é, massiva. Há, tipicamente, uma desproporção entre as profundidades do solo e do solum, caracterizando um processo francamente erosivo de rejuvenescimento pedogeomorfológico desta paisagem (REZENDE e RESENDE, 1996). Além desse aspecto, há uma coloração típica do perfil que irá determinar a ocorrência de determinada classe de solo: (i) quando o horizonte C róseo é estreito ou a cor cinzenta vem até a base do horizonte B (ausência de cor rósea) o horizonte B tende a ser vermelho e eutrófico – ocorrência de Argissolo Vermelho Amarelo e Argissolo Vermelho; (ii) quando o horizonte C róseo é profundo e o horizonte B é amarelado – ocorrência de Latossolo Vermelho Amarelo, podendo ocorrer Latossolo Vermelho, mas é pouco expressivo; (iii) quando o processo erosivo é muito intenso e o solum é raso – ocorrência de Cambissolos (REZENDE e RESENDE, 1996). De acordo com BARUQUI (1985), os principais solos dos topos são os Latossolos Vermelho-Amarelos distróficos e os Argissolos Vermelho-

Amarelos predominantemente distróficos. Nos fundos de vales, na posição de terraço, são encontrados os Argissolos Vermelho-Amarelos Câmbico distróficos e eutróficos; nos leitos maiores dos cursos de água, os Neossolos Flúvicos eutróficos/distróficos e, nas partes mais rebaixadas, os solos Hidromórficos, geralmente distróficos. A evolução pedogeomorfológica dos mares de morros tem, como padrão, um profundo manto de intemperismo esculpido ao longo de uma profunda rede de drenagem e, tipicamente caulinítico, com presença de minerais 2:1 expansivos ou não (ocorrendo em Argissolos eutróficos ou mais próximo à rocha fresca), e solos com substanciais teores de gibbsita nas porções mais elevadas. Esta mineralogia predominantemente caulinítica e com pequenos teores de gibbsita, exceto nas porções mais elevadas, conferem aos Latossolos uma estrutura tendendo a granular ou fraca em blocos, mas coerente, fazendo com que o horizonte B seja resistente à erosão em sulcos, ao contrário do que acontece no horizonte C, que é francamente susceptível ao processo erosivo. Neste último horizonte, isto acontece devido aos elevados teores de caulinita do tamanho de silte e areia, que favorece o arranjo face a face nos barrancos expostos, dificultando a infiltração de água que tende a se concentrar em algumas canaletas, provocando sulcos de erosão ao longo dos barrancos (REZENDE e RESENDE, 1996).

A água de superfície em córregos, rios e riachos, é mais abundante nos mares de morros do que em qualquer outro domínio, com duas razões principais para isto: a pluviosidade relativamente elevada em sua maior parte e, não menos importante, a combinação peculiar de solos profundos e acidentados. Como este Domínio segue uma faixa litorânea afetada pelas frentes de erosão que evoluem para o interior do continente, há ocorrência de uma drenagem controlada estruturalmente em muitos trechos, com inúmeras pequenas quedas d'água aproveitadas como energia para pequenas usinas e moinhos (REZENDE e RESENDE, 1996).

A riqueza original de nutrientes desses ecossistemas foi levada pela erosão e pelas colheitas e o solo não tem minerais para repor ao meio. Nas porções mais íngremes, freqüentemente com o horizonte C exposto (coloração rósea aparecendo), há um arraste mais acentuado de nutrientes e de sementes e a cobertura de capim-gordura não consegue se recompor, degradando-se ainda mais com a deficiência de água estacional que, quando mais acentuada, aumenta mais a dificuldade de recuperação, aumentando a área de solo exposto e os processos

erosivos (REZENDE e RESENDE, 1996). Esta torna-se uma área problemática, pois combina solos muito pobres para melhores pastagens e relevo muito acidentado que dificulta a adubação e a mecanização.

### 3.2.4. Geologia

Afloram na área, segundo RADAMBRASIL (1983), rochas pertencentes ao Complexo Paraíba do Sul, ao Grupo Juiz de Fora, ao Grupo Andrelândia, ao Gnaiss Piedade, à Suíte Intrusiva Três Córregos e às Rochas Intrusivas Alcalinas.

#### A) Complexo Paraíba do Sul

**Posição estratigráfica:** o complexo Paraíba do Sul é uma entidade submetida a eventos tectonotermiais ao longo de todo o Pré-Cambriano e constitui o Embasamento do Cinturão Móvel Atlântico. No Proterozóico Superior, as rochas deste complexo foram submetidas a intensas deformações e sofreram intrusões graníticas, granitização e potassificação generalizadas, sendo estes eventos responsáveis por transformações quase que completas nas características anteriores das rochas.

**Petrografia:** o termo “Paraíba”, como unidade geológica, foi definida para designar essencialmente gnaisses e migmatitos intensamente tectonizados. Compoem-se de associações de gnaisses e granitos diversos – gnaisses kinzíticos, gnaisses charnoquíticos, migmatitos diversos, quartzitos, anfibólios.

#### B) Complexo Juiz de Fora

**Posição estratigráfica:** o complexo Juiz de Fora foi considerado de idade arqueana, mas estudos levam a crer que as rochas seriam ainda mais antigas, tendo sofrido intenso retrabalhamento. Estudos realizados em rochas da região da Zona da Mata Mineira, atribuem a estas, origem magmática, tendo sido granitizadas e tectonizadas posteriormente em ambientes de alta temperatura.

**Petrografia:** foram individualizadas duas unidades principais de rochas no complexo: rochas de origem magmática, sendo a mais extensa e, rochas metassedimentares que estão sobrepostas às magmáticas. Encontram-se

associações charnoquítica-charnoquitos, granulitos, anfibólitos, dioritos, gabros, piroxênios e migmatitos.

Seu contato com o Complexo Paraíba do Sul se dá por por falhas inversas. Restos de rochas do Complexo Paraíba do Sul encontram-se preservadas no Complexo Juiz de Fora e vice-versa.

### **C) Grupo Andrelândia**

**Posição estratigráfica:** o grupo Andrelândia possui correlações litológicas, estruturais e também de posicionamento tectônico com outras unidades (Grupos Canastra, São João del Rei, Itapira e Carrancas), por isto estão situados na mesma posição da coluna estratigráfica, ou seja, dentro da Faixa de Dobramentos Piedade e Faixa de Dobramentos Canastra-Carrancas-Amparo. O Grupo Andrelândia sobrepõem-se ao Complexo Barbacena, em discordância erosiva e apresentando contato definido, como na região de Lima Duarte e inferido para muitas outras regiões.

**Petrografia:** encontram-se nesta área, principalmente, muscovita-biotita-xistos, gnaisses, rochas básicas e ultrabásicas, anfibólitos e calcários.

### **D) Gnaiss Piedade**

**Posição estratigráfica:** existe uma certa indefinição quanto à idade do tectonismo que produziu o Gnaiss Piedade. São conhecidas evidências de que o mesmo tenha idade arqueana. Do mesmo modo, existe a possibilidade de que ocorreu no início do Ciclo Transamazônico a movimentação que gerou esta unidade.

**Petrografia:** embora tenha grande distribuição geográfica, o Gnaiss Piedade apresenta comportamento litológico pouco variável, caracterizando-se pela predominância de rochas gnaissicas com estrutura bandada regular, que se apresentam migmatizadas próximo ao Complexo Juiz de Fora. Também, à medida que se aproxima desse contato, o Gnaiss Piedade apresenta aumento na basicidade e possui maior concentração de corpos metabásicos

A oeste do município de Bom Jardim de Minas o Gnaiss Piedade constitui o embasamento do Grupo Andrelândia. Faz contato com o Complexo Paraíba do Sul, ao sul e, com o Complexo Juiz de Fora, à leste, por falhas inversas.

### **E) Suíte Intrusiva Três Córregos**

**Posição estratigráfica:** esta unidade está localizada no compartimento tectônico denominado Cinturão Móvel Atlântico, na forma de corpos alongados sintectônicos. É posicionada como de idade básica pertencente ao Proterozóico Superior.

**Petrografia:** As rochas mais típicas desta unidade são granitos porfíroides. No seu contato com as áreas migmatíticas (caso do Complexo Paraíba do Sul) a delimitação é difícil e difusa, pois os granitos freqüentemente transicionam para as encaixantes através de termos anatexíticos. A maioria dos corpos apresentam-se alongados na direção nordeste em concordância com a estrutura regional.

### **F) Intrusivas Alcalinas**

**Posição estratigráfica:** está embasada em Rochas Alcalinas Intrusivas (KTλ) com idades no intervalo Cretáceo Inferior – Terciário Inferior.

**Petrografia:** trata-se de associação de rochas leucocráticas plutônicas e hipabissais, representada, predominantemente, por sienitos nefelínicos, sienitos saturados, brechas magmáticas intrusivas com matriz fonolítica e, ou, traquítica e, localmente, granito alcalino. Todos estes corpos de rochas alcalinas são intrusivos em rochas gnaissicas de idades pré-cambrianas. Ribeiro Filho (1967) citado por RADAMBRASIL (1983), interpretou a faixa de gnaisses (Complexo Paraíba do Sul) que circunda a intrusão do Itatiaia e a separa da intrusão de Passa-Quatro como sendo um septo ou uma cunha. Tal área está localizada no compartimento tectônico denominado Faixa de Dobramentos Canastra-Carrancas-Amparo, possivelmente do Proterozóico Médio, retrabalhado com maior ou menor intensidade no Ciclo Brasileiro.

### **3.2.5. Vegetação**

No século XVIII, iniciou-se o desenvolvimento da cafeicultura no estado do Rio de Janeiro e alastrou-se, penetrando pelo estado de São Paulo e Zona da Mata de Minas Gerais. Com o avanço da lavoura de café para o interior, a vegetação florestal era retirada para dar lugar à nova cultura. Com o declínio da lavoura de café, as áreas antes ocupadas pela monocultura passaram a dar lugar à atividade

pecuária, de criação extensiva, vindo a ser plantadas com gramíneas forrageiras (RADAMBRASIL,1983).

Na região do Vale do Rio Preto, bem como na maior parte do território brasileiro, a vegetação foi alterada por atividades antrópicas e os remanescentes de vegetação natural foram modificadas pela exploração de riquezas naturais.

A vegetação desta região é caracterizada, segundo RADAMBRASIL (1983), como: A) Floresta Estacional Semidecidual, com a maior parte da área coberta por pastagens e vegetação secundária sem palmeiras e pequena parte por Floresta Montana e, B) pequena parte, como Floresta Ombrófila Densa com presença de Floresta Montana.

**A) Floresta Estacional Semidecidual:** presença de clima com duas estações, uma chuvosa e outra seca, que condicionam uma estacionalidade foliar dos elementos arbóreos dominantes, os quais têm adaptação fisiológica à deficiência hídrica ou à baixa temperatura, durante certo tempo. No caso da Bacia do Rio Preto, a Floresta Estacional Semidecidual ocorre sob um clima tropical estacional com mais de sessenta dias secos por ano, sobre litologia pré-cambriana, nas mais variadas formas de relevo, até o Quaternário.

- **Refúgio Ecológico Alto Montano Herbáceo** - este refúgio é encontrado nas altitudes superiores a 1500 m, inserido na Região Fitoecológica da Floresta Ombrófila Densa na serra de Itatiaia. Apresenta-se na forma de uma cobertura herbáceo-graminóide intercalada por pequenos arbustos, ocorrendo em meio à Floresta Ombrófila Densa Alto-montana, caracterizada por apresentar uma estrutura de nano e microfanerófitas cuja altura pode variar em torno de 5 a 10 m.
- **Floresta Montana** – esta formação é a que apresenta maior número de agrupamentos remanescentes na área abrangida pelos ambientes da Floresta Estacional Semidecidual, mas, na sua maioria são muito pequenos e têm sido substituídos por pastagens e vegetação secundária sem palmeiras.
- **Área antrópica** – constituem todas as áreas onde a vegetação natural primitiva foi substituída por outra resultante da ação do homem, seja pelo cultivo de pastagens, tratos agrícolas ou florestais, seja pela sucessão da regeneração da flora natural.
- **Vegetação secundária sem palmeiras (Vss)** – foi assim denominada toda vegetação desde o primeiro estágio de ocupação até o conhecido comumente como capoeirão, assim como toda vegetação natural primitiva que já sofreu

exploração seletiva, sendo, por esta razão, descaracterizada e dominada, atualmente, por indivíduos secundários. Na área em estudo, esta vegetação distribui-se de maneira generalizada sobre os terrenos íngremes das serras e planaltos.

- **Atividade agrícola/pastagens (Ap)** – constituem o antropismo de maior extensão e que ocupa áreas significativas nos diversos ambientes da área. Os campos antrópicos de modo geral, e particularmente aqueles formados por capim gordura (*Melinis minutiflora*), sob um clima estacional ( mais de 60 dias secos), e mantidos pelo fogo anual, poderão estar hoje diante de um processo de degradação dos solos e caminhando para a “savanização”. A alternância continuada de período seco prolongado com um período de chuvas intensas e calor sobre um solo pouco protegido, impõe a estes solos um processo acelerado de erosão e lixiviação, com rápida alteração de suas características. A maior parte destas áreas, após a retirada da vegetação original, foi primeiramente ocupada por agricultura segundo os critérios da colonização e dos ciclos econômicos, até o estágio atual de uso para a pecuária extensiva. Em algumas destas áreas talvez já possa estar ocorrendo um estágio avançado de degradação, atingindo um ponto que poderia ser considerado como savanização antrópica, onde a regeneração, certamente, não possa mais fazer-se naturalmente, mas, apenas, através do replantio de espécies adaptadas ao ambiente.

**B) Floresta Ombrófila Densa:** ocupa uma área tropical mais úmida, com período seco anual variando de 0 a 60 dias e chuvas bem distribuídas com médias anuais em torno de 1500 mm.

- **Floresta Alto Montana:** nesta área, constitui os ambientes situados acima do nível de 1500 m de altitude. Nesses locais de com Neossolos Litólicos e Cambissolos, a vegetação é caracterizada por apresentar uma estrutura de nano e microfanerófitas cuja altura pode variar em torno de 5 a 10 m e, apresentar-se com formas xerófitas em função das freqüentes temperaturas abaixo de 15oC

- **Floresta Montana:** ocupam as faixas de altitude de 500 a 1500 metros, sobre litologia pré-cambriana ou alcalina-cretácea de Itatiaia com relevo dissecado e montanhoso. Normalmente constitui áreas de proteção ambiental, como por exemplo o Parque nacional do Itatiaia.

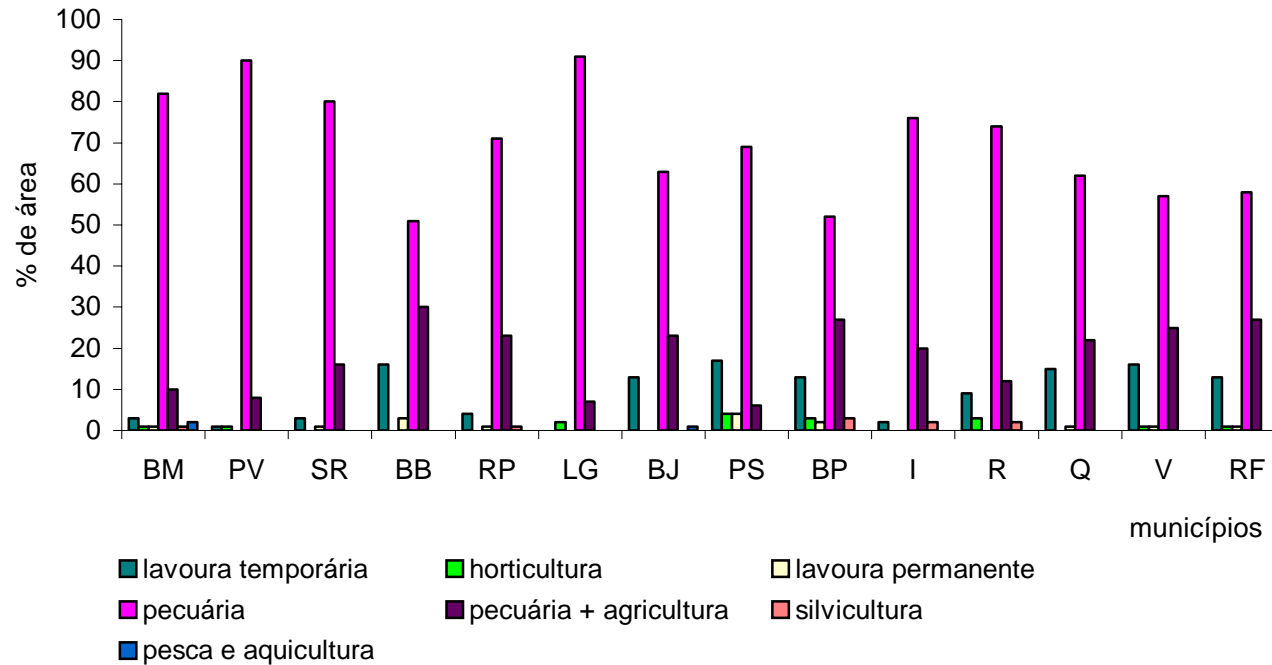
### 3.2.6. Aspectos econômicos e uso da terra

Os dados econômicos mostram que a BHRP é essencialmente composta por atividades agropecuárias, salvo os municípios com grande expressão industrial. Segundo dados obtidos para o ano de 1996, pelo laboratório de Geoprocessamento da EMBRAPA (CNPGL), pode-se visualizar a distribuição percentual dos estabelecimentos agropecuários por grupos de atividade econômica (Figura 2), a distribuição percentual do uso da terra (Figura 3), a distribuição percentual dos estabelecimentos agropecuários por grupos de área (Figura 4) e, no Quadro 1, estão os dados de volume e produtividade de leite nos municípios situados na Bacia.

Quadro 1: Volume e produtividade de leite no Vale do Rio Preto no ano de 1996 (Laboratório de Geoprocessamento-EMBRAPA–CNPGL).

Município	Volume (milhões de litros)	Produtividade (litros de leite/vaca/ano)	Produtividade (litros de leite/ha)
<b>Estado de Minas Gerais</b>			
Belmiro Braga (BB)	5-9	1000-1500	266-333
Rio Preto(RP)	9-14	1501-2000	1-265
Bom Jardim de Minas (BJM)	<5	1000-1500	1-265
Santa Rita de Jacutinga (SRJ)	5-9	1000-1500	266-333
Passa Vinte (PV)	<5	1000-1500	1-265
Bocaina de Minas (BM)	5-9	1501-2000	334-403
<b>Estado do Rio de Janeiro</b>			
Comendador Levy Gasparian (CLG)	<5	1000-1500	1-265
Itatiaia (I)	<5	2501-3000	404-594
Resende (R)	>18	2501-3000	404-594
Quatis (Q)	9-14	2001-2500	334-403
Barra do Piraí (BP)	9-14	1000-1500	266-333
Valença (V)	>18	1000-1500	266-333
Rio das Flores (RF)	9-14	1501-2000	266-333
Paraíba do Sul (PS)	9-14	1501-2000	266-333

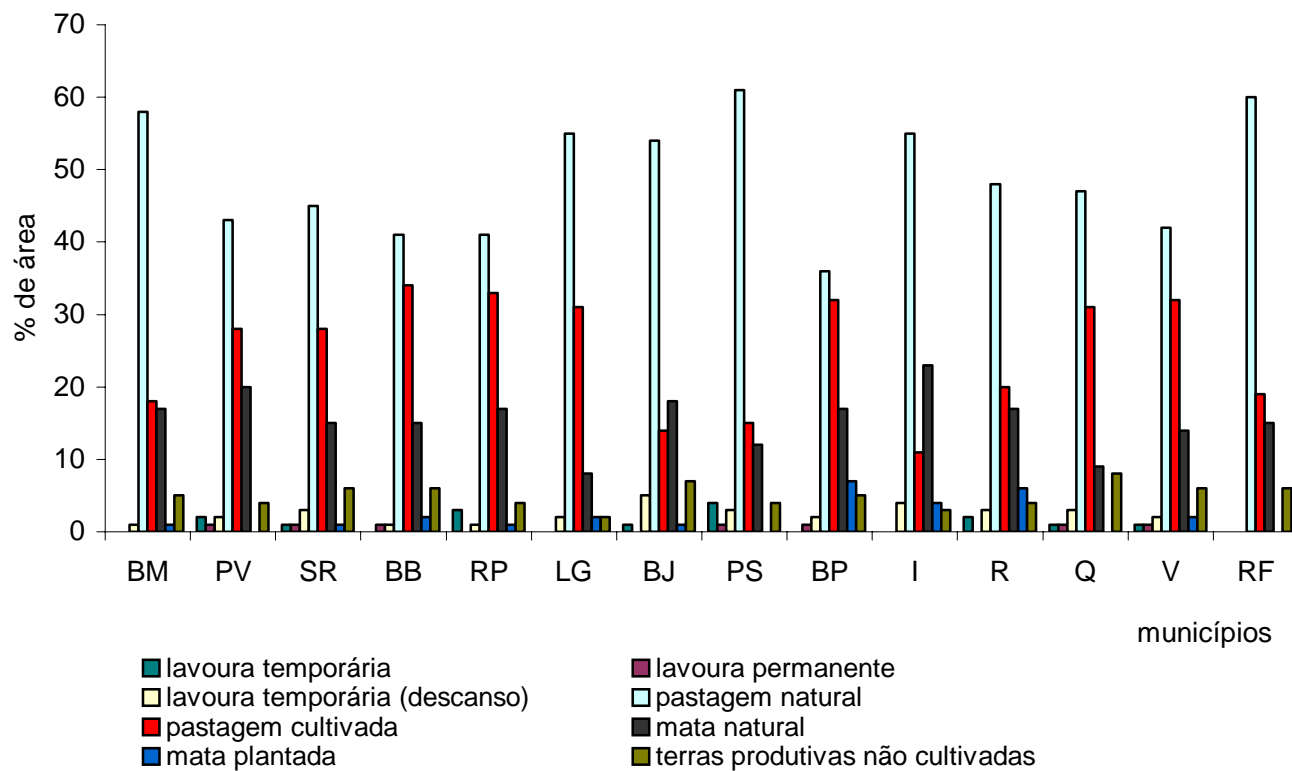
**Distribuição percentual dos estabelecimentos agropecuários por grupo de atividade econômica nos municípios da BHRP para o ano de 1996**



BB=Belmiro Braga; RP=Rio Preto; BJM=Bom Jardim de Minas; SRJ=Santa Rita de Jacutinga; PV=Passa Vinte; BM=Bocaina de Minas; CLG=Comendador Levy Gasparian; I=Itatiaia; R=Resende; Q=Quatis; BP=Barra do Piraí; V=Valença; RF=Rio das Flores; PS=Paraíba do Sul

Figura 2: Distribuição percentual dos estabelecimentos agropecuários por grupos de atividade econômica (Laboratório de Geoprocessamento-EMBRAPA-CNPGL).

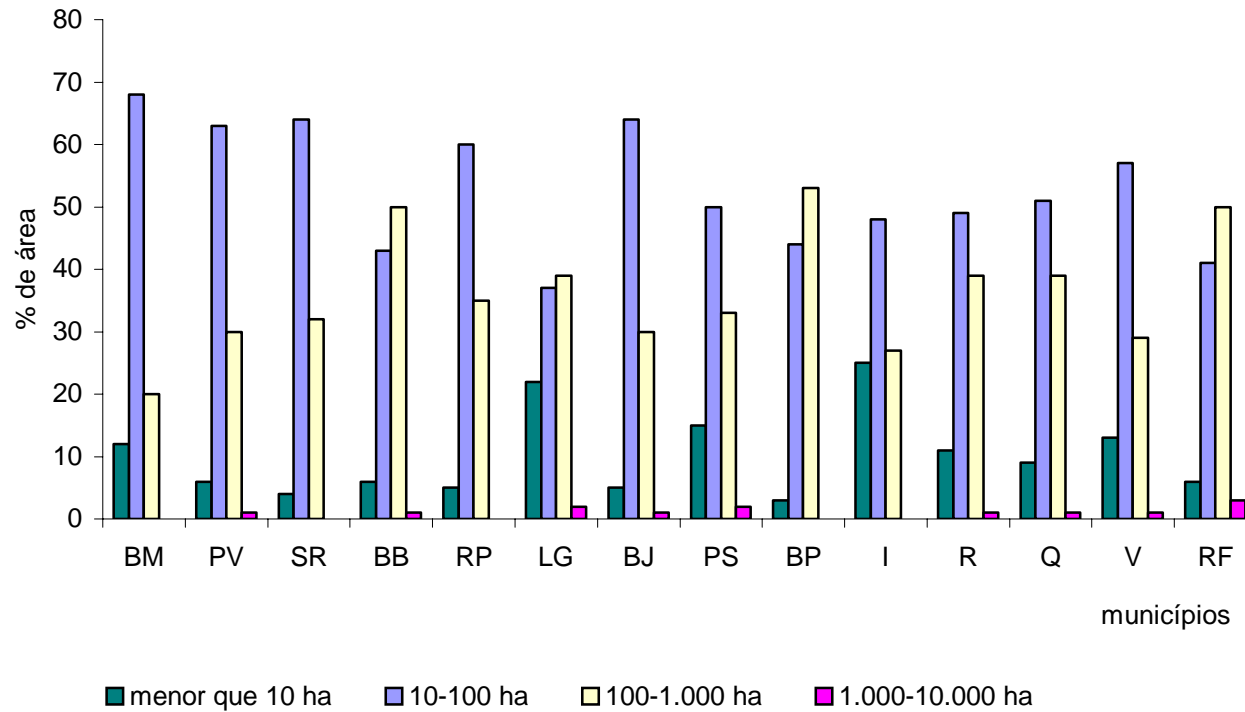
### Distribuição percentual do uso da terra nos municípios da BHRP para o ano de 1996



BB=Belmiro Braga; RP=Rio Preto; BJM=Bom Jardim de Minas; SRJ=Santa Rita de Jacutinga; PV=Passa Vinte; BM=Bocaina de Minas; CLG=Comendador Levy Gasparian; I=Itatiaia; R=Resende; Q=Quatis; BP=Barra do Piraí; V=Valença; RF=Rio das Flores; PS=Paraíba do Sul.

Figura 3: Distribuição percentual do uso da terra no ano de 1996 (Laboratório de Geoprocessamento-EMBRAPA-CNPGL).

**Distribuição percentual dos estabelecimentos agropecuários por grupos de área nos municípios da BHRP para o ano de 1996**



BB=Belmiro Braga; RP=Rio Preto; BJM=Bom Jardim de Minas; SRJ=Santa Rita de Jacutinga; PV=Passa Vinte; BM=Bocaina de Minas; CLG=Comendador Levy Gasparian; I=Itatiaia; R=Resende; Q=Quatis; BP=Barra do Piraí; V=Valença; RF=Rio das Flores; PS=Paraíba do Sul.

Figura 4: Distribuição percentual dos estabelecimentos agropecuários por grupos de área (Laboratório de Geoprocessamento-EMBRAPA-CNPGL).

### 3.3. Análise morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Preto

#### 3.3.1. Geração do Modelo Digital de Elevação (MDE)

A partir de 15 cartas topográficas na escala 1:50.000, pertencente à base de dados do IBGE (Quadro 2), foram digitalizadas as curvas de nível (20 em 20 m) e a hidrografia da área de interesse.

Tais cartas foram digitalizadas utilizando-se mesa digitalizadora *Summergrid IV*, através do modo *Edit* do software ARC/INFO.

Para a geração do Modelo Digital de Elevação (MDE) foram criados arquivos individuais contendo o limite da área de trabalho, a hidrografia digital, o contorno dos lagos e os dados de altimetria discriminados em curvas de nível cotadas. O MDE foi criado a partir da interpolação das curvas de nível digitalizadas e do limite da área da Bacia, através do comando *Surface – Create TIN from Features* do software ARC/VIEW 3.2.

A partir do MDE, foram criadas 6 classes de declividade do terreno, de acordo com EMBRAPA (1999): 0-3% (plano); 3-8% (suave ondulado); 8-20% (ondulado); 20-45% (forte ondulado); 45-75% (montanhoso) e >75% (escarpado) e, então, obtidos o tamanho e a percentagem da área ocupada por cada classe, através do comando *Analysis – Tabulate Areas*.

Quadro 2: Cartas topográficas

Carta	Mapa Índice	Unidade da Federação
Alagoa	2712-2	RJ
Agulhas Negras	2712-4	RJ
Liberdade	2713-1	RJ
Santa Rita de Jacutinga	2713-2	RJ
Resende	2713-3	RJ
Nossa Senhora do Amparo	2713-4	RJ
Rio Preto	2714-1	RJ e MG
Valença	2714-2	RJ e MG
Barra do Piraí	2714-3	RJ
Vassouras	2714-4	RJ
Bom Jardim de Minas	2679-4	MG
Lima Duarte	2680-3	MG
Santa Bárbara do Monte Verde	2680-4	MG
Matias Barbosa	2681-3	MG
Paraíba do Sul	2715-1	RJ e MG

### 3.3.2. Análise morfométrica da Bacia

De posse da delimitação da área de cada bacia, foram obtidas as características geométricas, do relevo e da rede de drenagem.

#### Características geométricas:

**Área total da Bacia (A) e Perímetro (P)** – foram obtidos a partir da tabela de atributos do tema “Limite da Bacia”, após a definição da unidade em km<sup>2</sup>, na opção “View Properties”.

**Coefficiente de compacidade (Kc)** – determinado a partir da equação (VILLELA e MATTOS, 1975):

$$Kc = 0,28(P/\sqrt{A}) \quad \text{eq. 1}$$

Onde:

P = perímetro

A = área.

**Fator de forma (Kf)** – determinado a partir da equação (VILLELA e MATTOS, 1975):

$$Kf = (A/L^2) \quad \text{eq. 2}$$

Onde:

A = área

L = comprimento do curso d'água principal

#### Características do relevo:

**Declividade média (Sm)** – a partir do modelo de elevação digital do terreno foram criadas 6 classes de declividade de acordo com EMBRAPA (1999) e, então, obtidas o tamanho da área ocupada por cada classe através do comando *Analysis – Tabulate Areas*.

**Declividade entre a foz e a nascente (S1)** – foi obtida dividindo-se a diferença total de elevação do leito do rio principal pela extensão horizontal do curso d'água entre a nascente e a seção de referência, ou seja:

$$S1 = (Cota_{máx.} - Cota_{mín.}) / L \quad \text{eq.3}$$

Onde:

L = comprimento do curso d'água principal

### **Características da rede de drenagem:**

**Ordem dos cursos d'água** – neste trabalho foi utilizado o critério de classificação introduzido por HORTON (1945) citado por VILLELA e MATTOS (1975). Assim, são consideradas de primeira ordem as correntes formadoras, ou seja, os pequenos canais que não tenham tributários; quando dois canais de primeira ordem se unem é formado um segmento de segunda ordem; a junção de dois rios de segunda ordem dá lugar à formação de um rio de terceira ordem e, assim sucessivamente: dois rios de ordem “n” dão lugar a um rio de ordem “n + 1”.

**Comprimento do curso d'água principal (L)** – foi obtido a partir da tabela de atributos do tema “Rio Principal”, após a definição da unidade em km, na opção “View Properties”.

**Comprimento total dos cursos d'água (Lt)** – foi obtido a partir da tabela de atributos do tema “Hidrografia”, após a definição da unidade em km, na opção “View Properties”.

**Densidade de Drenagem (Dd)** – é expresso pela relação entre o comprimento total dos cursos d'água (Lt) (sejam estes efêmeros, intermitentes ou perenes) de uma bacia e sua área total (A). Este índice varia de 0,5 para bacias com drenagem pobre a 3,5 ou mais para bacias excepcionalmente bem drenadas (VILLELA e MATTOS, 1975).

$$Dd = Lt / A \quad \text{eq.4}$$

Onde:

A = área

Lt = comprimento total dos cursos d'água

**Extensão média do escoamento superficial (l)** - foi determinado, segundo VILLELA e MATTOS (1975), a partir da equação:

$$l = A / 4Lt \quad \text{eq.5}$$

Onde:

A = área

Lt = comprimento total dos cursos d'água

### 3.4. Delimitação das unidades geoambientais e estimativa do estoque de carbono na BHRP

Segundo SILVA (1993), uma unidade geoambiental é uma entidade espacializada com um conjunto de atributos afins. Deste modo o material de origem do solo, a vegetação natural, o modelado do relevo, a natureza e distribuição dos solos em função da topografia, constituem uma problemática homogênea, cuja variabilidade é compatível, de acordo com a escala cartográfica. Faltam as referências quanto ao clima o que segundo os mesmos Autores, se deve ao fato da sua caracterização ser feita pela vegetação natural, já que esta reflete perfeitamente a disponibilidade ou carência hídrica do ambiente estudado.

Sendo assim, a delimitação das unidades geoambientais da BHRP foi realizada a partir da estratificação do meio físico em função do modelado (tipos de relevo), da seqüência dos solos na paisagem e da geologia local. Para tal, foram digitalizados os mapas da Folha SF-23 do Projeto Radambrasil (RADAMBRASIL, 1983) e, o cruzamento e análise das unidades foi realizado utilizando-se os recursos do programa ArcView 3.2.

Após a delimitação, foram estimados os valores de carbono total nos solos em cada unidade geoambiental a partir da metodologia adaptada de BATJES (1996). Assim, o cálculo do estoque de carbono passa primeiramente pela determinação dos teores no perfil, de acordo com a fórmula abaixo:

$$Cd = \sum (\rho_i P_i D_i 100)$$

Onde:

$Cd$  = carbono orgânico total ( $\text{ton ha}^{-1}$ ), à  $d$  cm de profundidade;

$\rho_i$  = densidade do solo na camada  $i$  ( $\text{g cm}^{-3}$ )

$P_i$  = teor de C ( $\text{g C g}^{-1}$ ) na camada  $i$ ;

$D_i$  = espessura da camada  $i$ .

Para o cálculo do estoque de carbono nos solos em cada unidade geoambiental (UG) foram utilizados perfis descritos no relatório do projeto

Quadro 3: Estimativa da área ocupada por cada classe de solo (%) e profundidade (cm) dos solos estudados, para cada unidade geoambiental (UG).

UG	Área (Km <sup>2</sup> )	Classes de solos							
		C	CH	LVA	RL	RLh	PVA	PV	AR
M.M. Itatiaia/ARP	171,0	40% - 50 cm	30% - 50cm	10% - 50 cm		10% - 10 cm			10%
PI.Soerguido ARP	561,0	30% - 50 cm		10% - 50cm	5% - 10 cm				5%
		20% - 100 cm		30% - 100 cm					
M.M. Rochas Prot. Metas.	352,0	30% - 50 cm		15% - 50 cm	15% - 15 cm				20%
		10% - 100 cm		10% - 100 cm					
PI. Depr. MBRP	2350,0	35% - 100 cm		10% - 50 cm	5% - 10 cm		10% - 100 cm	10% - 100 cm	
				30% - 100 cm					

M.M. Itatiaia/ARP = Maciço Montanhoso do Itatiaia/Alto Rio Preto; PI.Soerguido ARP = Planalto Soerguido do Alto Rio Preto; M.M. Rochas Prot. Metas. = Maciço Montanhoso em Rochas Proterozóicas Metassedimentares; PI. Depr. MBRP = Planalto Deprimido do Médio Baixo Rio Preto.

C = Cambissolo; CH = Cambissolo Húmico; LVA = Latossolo Vermelho Amarelo; RL = Neossolo Litólico; RLh = Neossolo Litólico húmico; PVA = Argissolo Vermelho Amarelo; PV = Argissolo Vermelho; AR = Afloramentos de Rochas.

RADAMBRASIL (1983) da Folha SF-23 Rio de Janeiro – Vitória. A densidade média do solo foi considerada igual a 1 para todas as camadas e os teores de carbono foram calculados considerando-se profundidades de 10, 15, 50 e 100 cm, conforme a classe de solo e sua posição na paisagem em função, respectivamente, da maior ou menor movimentação do relevo. As áreas ocupadas por cada classe de solo (Quadro 3) foram arbitradas em função de características pedo-geomorfológicas nas diferentes UGs em conjunto com a descrição das unidades de mapeamento ocorrentes em cada unidade. Foram selecionados perfis representativos de cada classe de solo e calculado um valor médio de carbono nas profundidades descritas. Para o cálculo final da estimativa do estoque de carbono em cada UG, este valor médio de carbono por classe de solo foi multiplicado pela área ocupada por esta classe.

### **3.5. Trabalho de Campo**

Após o trabalho realizado no Laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, para a caracterização do meio físico e análise morfométrica da BHRP, foi realizado o trabalho de campo.

Como a área total da Bacia é muito extensa (3.434,57 Km<sup>2</sup>), esta parte do trabalho foi realizada somente na Região Hidrográfica do Médio Alto Rio Preto (RH-MARP). A escolha desta região hidrográfica é justificada em função da ocorrência de maior diversidade de ambientes geológicos, pedológicos e de uso da terra em relação ao restante da bacia, abrangendo, assim, maior variabilidade de fatores de degradação do ambiente, com expressivo contingente populacional.

#### **3.5.1. Observações de campo**

De posse dos mapas temáticos de geologia, solos, hidrografia e relevo foi realizada a visita na Região Hidrográfica do Médio Alto Rio Preto (RH-MARP). A

área foi percorrida, observada e descrita em função do manejo e do estado de conservação da paisagem. Foram, ainda, descritos perfis e coletadas amostras de solo para análises de laboratório. O caminhamento realizado, bem como os perfis estudados (pontos de 1 a 6) na RH-MARP podem ser visualizados na Figura 5.

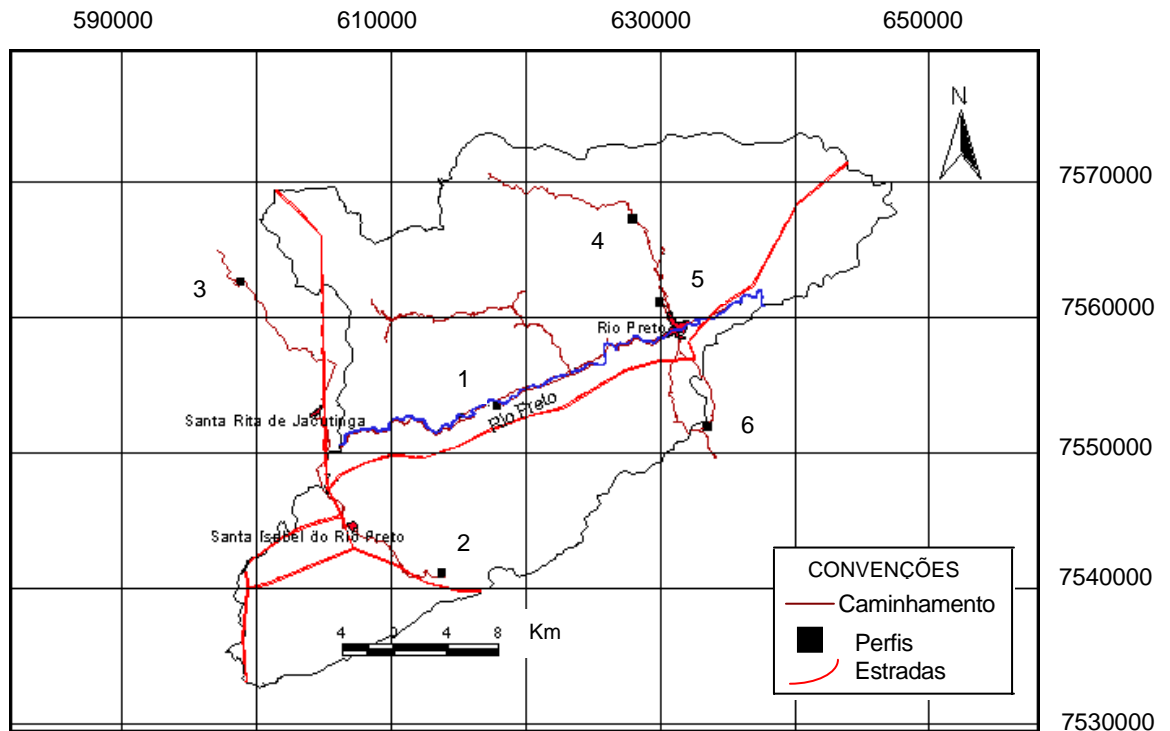


Figura 5: Caminhamento realizado e perfis descritos e coletados na RH-MAP.

### 3.5.2. Descrição dos solos

Os solos foram descritos, classificados e coletados conforme LEMOS e SANTOS (1996) e EMBRAPA (1999). Em todos os casos foram coletadas amostras para as análises químicas e físicas em todos os horizontes dos perfis descritos.

### 3.6. Análises de laboratório

Visando caracterizar o material de solo coletado, as amostras foram transportadas para o laboratório onde, inicialmente, procedeu-se a secagem, o

destorroamento e o peneiramento em peneira com malha de 2 mm, das amostras deformadas, a fim de se obter a terra fina seca ao ar (TFSA). As análises de caracterização química e física foram realizadas seguindo-se as metodologias descritas a seguir.

### **3.6.1. Análises físicas**

Para a análise textural e a argila dispersa em água, utilizou-se, a dispersão mecânica, NaOH 0,1 mol/L e água, respectivamente, conforme sugerido por EMBRAPA (1997).

### **3.6.2. Análises químicas**

#### **3.6.2.1. Rotina**

Procedeu-se, segundo metodologias constantes em EMBRAPA (1997), para as determinações de pH, cálcio, magnésio e alumínio trocáveis e acidez potencial ( $H^+ + Al^{3+}$ ) e, conforme DEFELIPO e RIBEIRO (1981) para as determinações de fósforo e potássio disponíveis e carbono orgânico.

#### **3.6.2.2. Ataque sulfúrico**

Este método analítico consistiu no ataque da TFSA para a determinação de  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$  e  $TiO_2$  após extração com  $H_2SO_4$  1:1 (volume), conforme EMBRAPA (1997).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Aspectos econômicos e uso da terra na BHRP

A distribuição percentual dos estabelecimentos agropecuários por grupos de atividade econômica (Figura 2), mostra que mais de 50% da área total da Bacia, é ocupada por atividade pecuária, seguida da combinação pecuária + agricultura e de lavoura temporária, esta última, sendo representada, principalmente, pela cultura do café. De acordo com a distribuição percentual do uso da terra (Figura 3), a pecuária é representada, principalmente, por pastagem natural, chegando a cobrir mais da metade da área agrícola de alguns municípios. Dentre estes, por exemplo, se destaca o caso de Rio das Flores, com 60% da área ocupada por pastagem natural e, apenas 15% ocupada por pastagem cultivada.

No início do século XIX, o café começou a ser cultivado extensamente na região, até declinar e ter sua área reduzida e substituída, em grande parte, por pastagens para a criação bovina. Como a região é, na sua maior parte, coberta por solos pobres em nutrientes, o capim gordura (*Melinis minutiflora*), se espalhou pela área com maior intensidade que outros capins, como colônio (*Panicum maximum*), Jaraguá (*Hyparrhenia rufa*), e mesmo a grama batatais (*Paspalum notatum*), por apresentar maior tolerância a solos de baixa fertilidade. Assim, de acordo com REZENDE e RESENDE (1996), esta combinação de café com leite, estabeleceu-se extensamente, disseminando uma densa rede de vilas e pequenas cidades em toda a área da Bacia. Além da ocupação com pastagens de capim gordura acompanhando o avanço da lavoura de café, parte da região foi inicialmente ocupada pela pecuária extensiva, principalmente em locais de solos eutróficos, Argissolos principalmente, ricos em minerais primários facilmente decomponíveis e

que permitiram o manejo de pastagens de capim colônião com o uso das queimadas. Como o capim colônião é em comparação aos outros capins, mais tolerante à deficiência de água e à queima, seu estabelecimento ocorreu nas áreas de temperaturas mais elevadas e, freqüentemente, de maior estresse hídrico. Assim, se estabeleceram, na região, dois conjuntos de usos: o primeiro composto por pequenas e médias propriedades com café e gado, com pastagens de capim-gordura, limpas anualmente com foice; e, o segundo de grandes propriedades de pastagens extensivas de gado de corte. Estas, sendo compostas principalmente de capim colônião e manejadas com o uso do fogo. No primeiro caso, o uso se associa com a ocorrência de Latossolos e Cambissolos em áreas altas, de temperaturas mais amenas e solos pobres e, no segundo, com Argissolos Eutróficos em áreas mais baixas, temperaturas mais elevadas e com déficit hídrico acentuado.

Atualmente, as áreas destinadas às pastagens, estão associadas à pecuária, em sua maioria, extensiva e de subsistência, sendo a forma dominante de ocupação do solo. Nestas áreas, a cobertura do solo pelas gramíneas é variável. Em alguns setores, o capim parece proteger eficazmente o solo, enquanto em outros, em função da forma e do declive das encostas, do superpastoreio e da ocorrência de solos pouco profundos (Cambissolos e Neossolos Litólicos) observa-se o aparecimento de fenômenos de erosão bem acentuados. Verifica-se a ocorrência de quatro gramíneas forrageiras de fundamental importância para a exploração pecuária: o capim-gordura o capim-jaraguá, o capim-colônião e o capim do gênero *Brachiaria*. Esta constatação está de acordo com a afirmação de BARUQUI (1982) que, estudando as inter-relações entre solos e pastagens em região montanhosa, observou que, em solos de relevo acidentado, as sucessivas queimadas ocasionavam mudanças negativas nas suas características químicas e físicas, acarretando a substituição da forrageira que, originalmente, ocupava a área por outras que se adaptavam melhor às novas condições surgidas a partir do constante emprego do fogo. Assim, áreas que ostentavam capim-colônião (exigente em fertilidade) passaram a ser povoadas pela grama-batatais (pouco exigente).

Os ambientes cultivados são pouco organizados e relativamente precários, com ausência quase total de práticas conservacionistas. As áreas destinadas ao cultivo estão freqüentemente associadas a um intenso desmatamento, cujos efeitos são particularmente sensíveis nas áreas de encosta e a um abandono relativamente rápido das terras após seu empobrecimento. Há uma grande ocorrência de

agricultura de subsistência em encostas desmatadas, onde dominam as culturas temporárias constituindo fator agravante da erosão dos solos.

De acordo com a distribuição percentual dos estabelecimentos agropecuários por grupos de área (Figura 4), observa-se que a grande maioria das propriedades tem suas áreas compreendidas entre 10 a 100 ha, consideradas de pequeno e médio porte. Por se tratar de uma área onde predominam as pequenas propriedades com baixo índice tecnológico e com relevo mais acidentado, são observadas grandes extensões em franco processo de degradação das pastagens, em função do manejo inadequado, incluindo super pastoreio, uso do fogo e ausência de fertilização adequada. As áreas com ausência de vegetação surgem nas pastagens e estão localizadas nos topos e no terço superior das elevações, incidindo nas partes mais declivosas. Estas áreas declivosas e desmatadas, retêm pouca água em comparação com áreas vegetadas e, pelo fato de se posicionarem em relevo íngreme e com baixa profundidade efetiva, sofrem mais os processos erosivos. Este manejo inadequado tem influência direta na baixa produtividade do leite (Quadro 1), uma das principais fontes de renda dos agricultores da região.

Ainda, de acordo com a distribuição percentual do uso da terra (Figura 3), pode ser observado que a região foi intensamente desmatada e possui pouca área remanescente coberta por vegetação florestal, seja natural ou plantada. A vegetação é um dos elementos naturais mais afetados pelo alto crescimento urbano-industrial verificado na região. O desaparecimento de grande parte das formações nativas, compostas por formações florestais agrupadas dentro do domínio morfoclimático da Mata Atlântica, acentuou os fenômenos de enchentes e secou muitos cursos d'água devido ao intenso assoreamento com materiais provenientes das encostas desmatadas.

As áreas de pastagem na região são as mais propensas à degradação, favorecendo a erosão e conseqüentemente o assoreamento de rios, canais e lagoas. São, em geral, pastos de má qualidade, com pouca capacidade de suporte e baixo rendimento. Parte destas áreas de pastagens presta-se ao cultivo de lavouras perenes ou anuais, principalmente àquelas em relevos planos ou suave ondulados. Existem, ainda, as áreas compreendendo afloramentos de rochas, solos muito rasos e pedregosos em relevos extremamente acidentados, não

apresentando, portanto, aptidão agrícola ou florestal, devendo ser consideradas como áreas de preservação ambiental.

Conforme pode ser visto, no geral, a região apresenta uma cobertura pedológica dominada por solos de baixa fertilidade, aliada a um relevo acidentado e com grande ocorrência de processos erosivos. Assim, conclui-se que a área necessita de uma intensa atividade de recuperação e conservação, com planejamento ambiental, proteção dos cursos d'água, recuperação das pastagens degradadas e reflorestamento.

## **4.2. Relevo, índices morfométricos e hidrografia na BHRP e nas regiões hidrográficas**

### **4.2.1. Relevo**

O modelo digital de elevação (MDE) da BHRP foi obtido a partir das curvas de nível (20 em 20 m) e do limite da Bacia (Figura 6). As cotas das curvas de nível variam de 340 m a 2787 m, deságüe do Rio Preto no Rio Paraibuna e nascente do Rio Preto, localizada no Parque Nacional do Itatiaia – Pico das Agulhas Negras, respectivamente. Já, na Figura 7, podem ser visualizadas as 6 regiões hidrográficas que formam a BHRP, com suas respectivas áreas.

Como a declividade dos terrenos de uma bacia controla em boa parte a velocidade com que se dá o escoamento superficial, afetando, portanto, o tempo que leva a água da chuva para concentrar-se nos leitos fluviais que constituem a rede de drenagem das bacias, foram obtidas as classes declividade para a BHRP, e para cada região hidrográfica individualizada, de acordo com a classificação descrita em EMBRAPA (1999), com suas respectivas áreas, conforme representado nas Figuras 8 e 9. A magnitude dos picos de enchentes e a maior ou menor oportunidade de infiltração e susceptibilidade à erosão dos solos dependem da rapidez com que ocorre o escoamento sobre os terrenos da bacia (VILLELA e MATTOS, 1975), tendo relação direta com a declividade dos mesmos, somado a fatores de solo e vegetação. Assim, é de grande importância a determinação de curvas características do relevo de uma bacia hidrográfica.

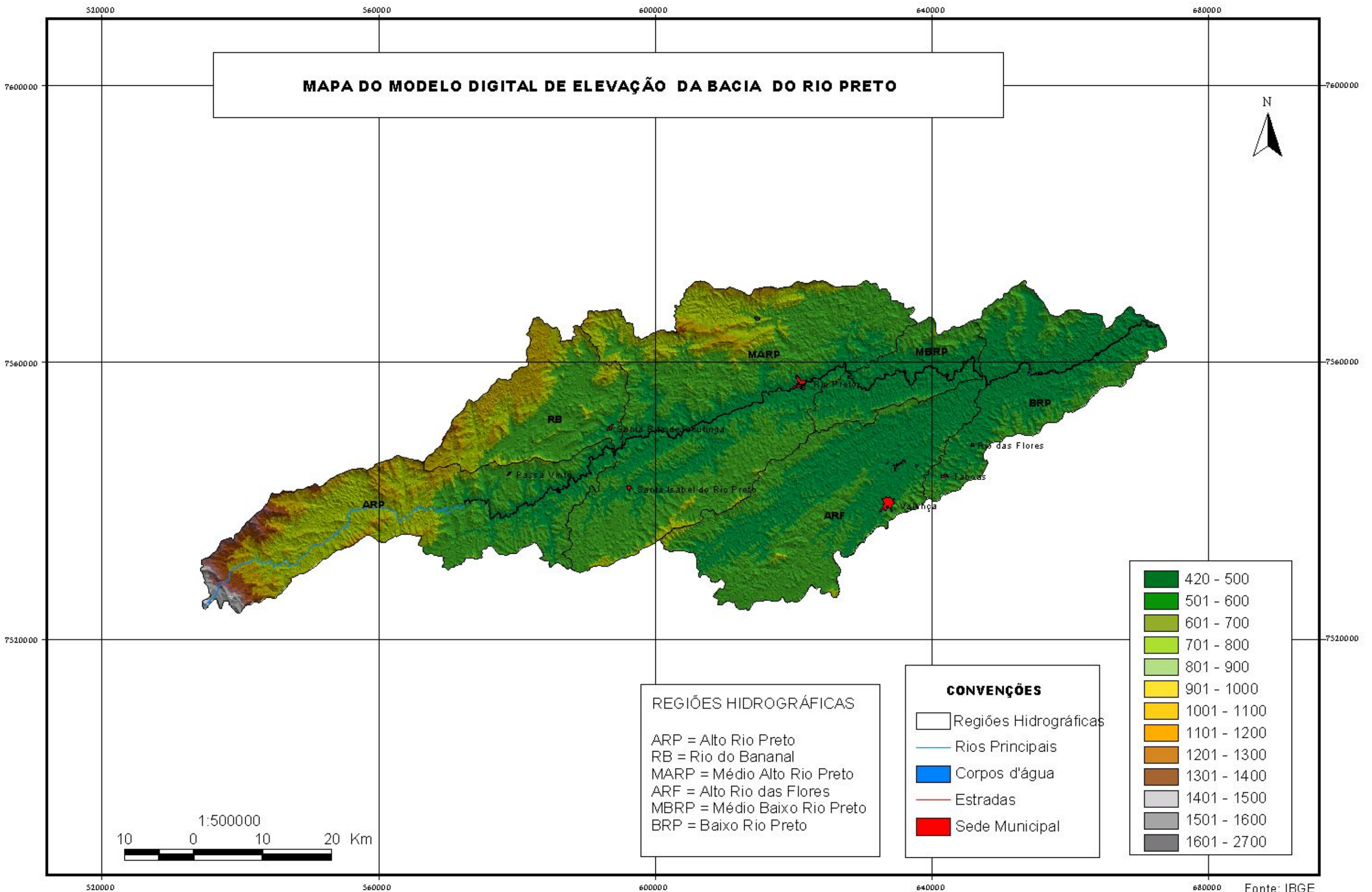


Figura 6 - Modelo Digital de Elevação (MDE) da BHRP

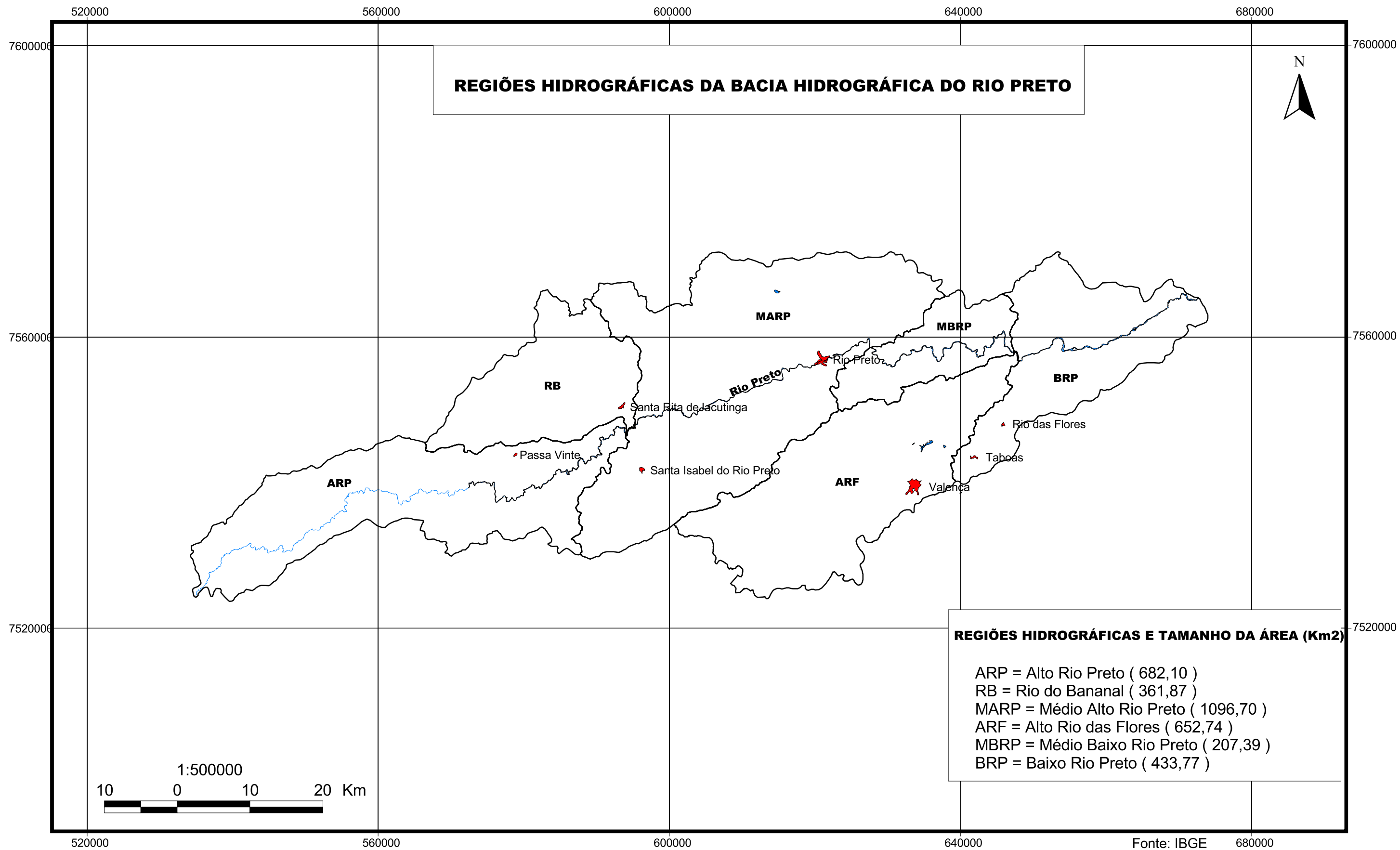


Figura 7 - Regiões hidrográficas que formam a BHRP, com suas respectivas áreas.

A partir da Figura 8, pode-se observar que 73,1% da área da BHRP está compreendida entre o relevo forte ondulado (47,3%) e montanhoso (25,8%), correspondendo a uma área de 2.513 Km<sup>2</sup>. O restante da área, em torno de 922 Km<sup>2</sup> (27%), está localizada em relevo plano, suave ondulado e ondulado. Para as regiões hidrográficas individualizadas (Figura 9), observa-se que em todas estas unidades geográficas, menos de 28% da área está compreendida em relevo plano. Apenas as regiões hidrográficas do Rio do Bananal e do Baixo Rio Preto possuem uma considerável área em relevo suave ondulado (em torno de 25%), enquanto nas restantes, acima de 60% da área está localizada em relevo ondulado a montanhoso. Chega-se ao extremo de 36% da área da região hidrográfica do Médio Alto Rio Preto estar em relevo montanhoso. Mesmo assim estas áreas são intensamente utilizadas, principalmente com pastagens.

Quando desprovido de sua vegetação natural, o solo fica exposto a uma série de fatores que tendem a degradá-lo. A velocidade com que este depauperamento se processa varia com as características químicas e físicas do próprio solo, com os aspectos climáticos e com a topografia. No caso da BHRP, a alta ocorrência de relevo acidentado juntamente com a dominância de solos com baixa fertilidade e intensa atividade pecuária, intensificam a ocorrência de processos erosivos e de degradação das áreas agricultáveis (Figura 10). A facilidade de instalação do processo erosivo se deve ao favorecimento da ocorrência de enxurradas, em função da declividade elevada, da ausência de práticas conservacionistas e do uso inadequado do solo além da sua capacidade de suporte. Esta exploração da terra de modo intensivo mostra a tendência do uso deste recurso até o limite de sua potencialidade, dificultando o crescimento de vegetação como forma de proteção ao solo e diminuindo as possibilidades de um equilíbrio entre o solo e o ambiente. Estes fatores favorecem a degradação do solo, com a ocorrência de encrostamento superficial, arraste de partículas orgânicas e minerais e instalação de processos erosivos que podem evoluir para voçorocamentos, ocasionando a queda da capacidade produtiva dos solos e o assoreamento e a poluição dos corpos d'água. A atividade pecuária intensa na BHRP, com a super lotação dos pastos aliada a construção de estradas mal locadas, também concorrem para as alterações na paisagem.

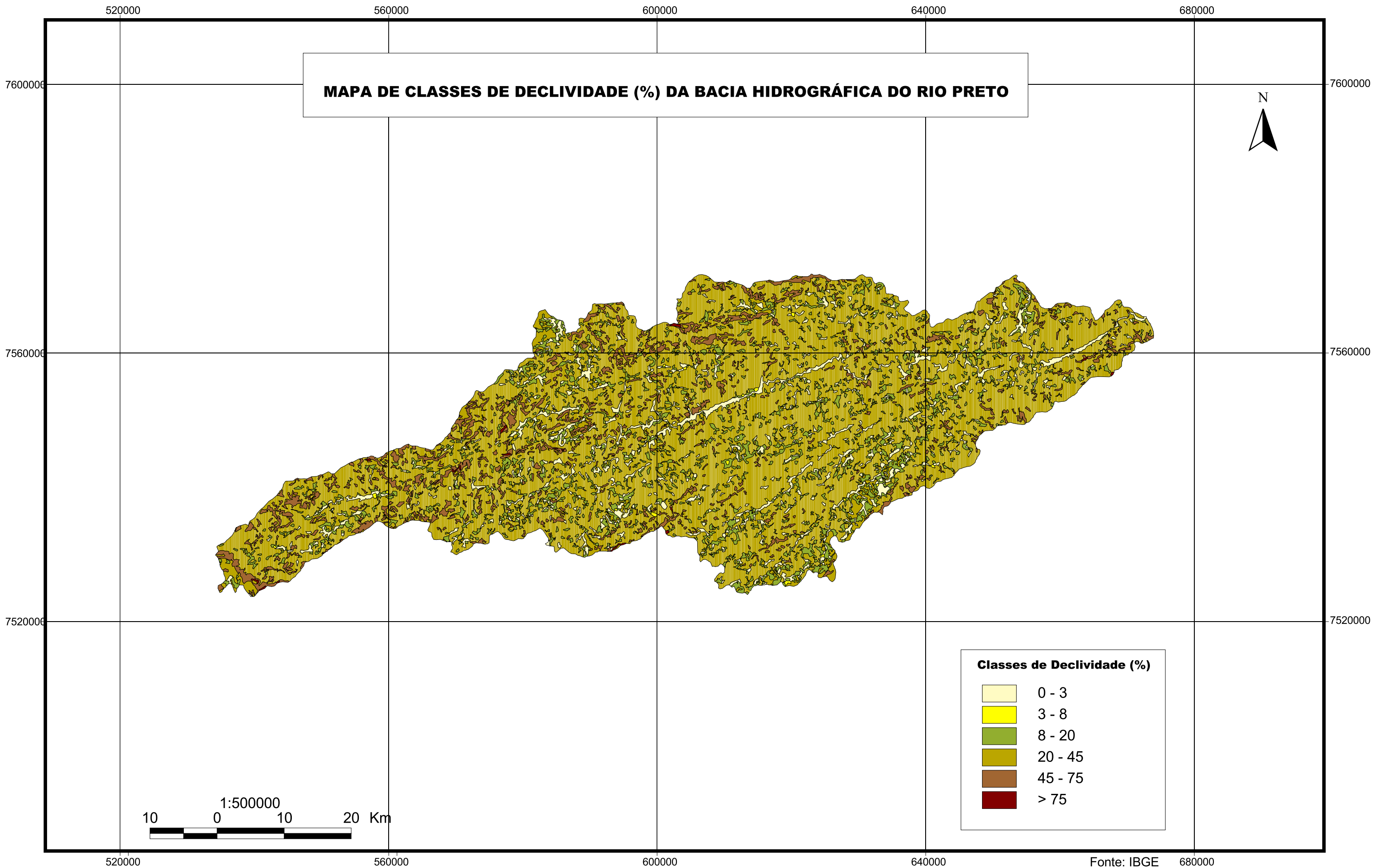
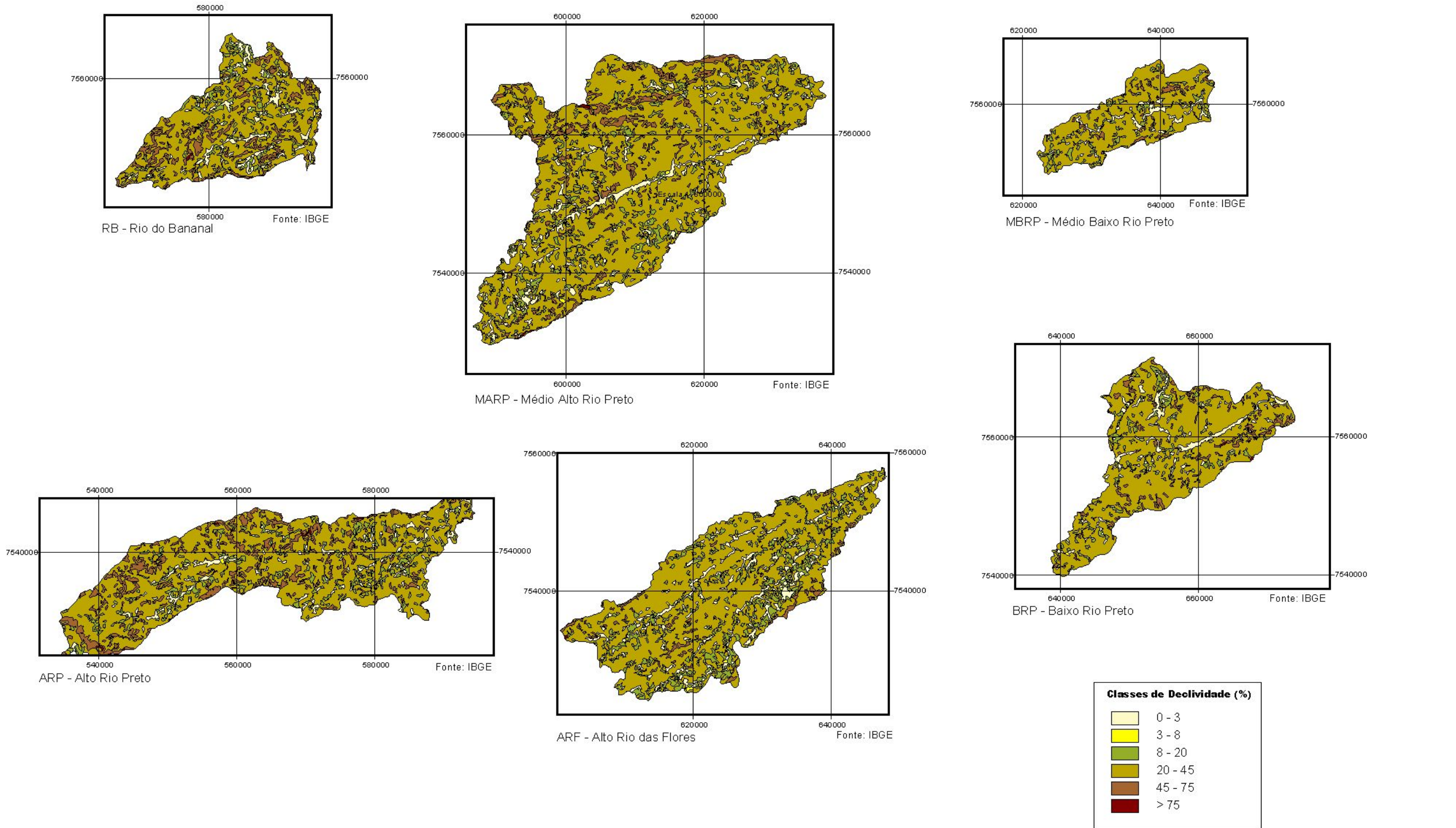


Figura 8: Classes de declividade da BHRP

**MAPA DE CLASSES DE DECLIVIDADE (%) PARA AS REGIÕES HIDROGRÁFICAS DA BACIA DO RIO PRETO**



Escala 1:400000 para cada sub - bacia

Figura 9: Classes de declividade (%) para as regiões hidrográficas da BHRP



Figura 10: Ocorrência de processos erosivos e de degradação de áreas com declives mais acentuados.

#### 4.2.2. Índices morfométricos e hidrografia

A figura 11 mostra a hidrografia digitalizada para a BHRP, podendo ser observado que a área é bem servida por cursos d'água. Este fato pode ser confirmado a partir dos índices morfométricos calculados no Quadro 4.

Quadro 4: Índices morfométricos calculados para a BHRP e as suas regiões hidrográficas.

Índices	Área	P	L	Kc	Kf	Lt	Dd	L	S1	Ordem
<b>BHRP</b>	3.434,57	417,04	224,16	1,99	0,068	7534,42	2,19	0,114	0,0020	6
<b>ARP</b>	361,87	103,24	42,76	1,52	0,198	794,68	2,20	0,114	0,0220	6
<b>RB</b>	681,75	182,52	105,62	1,96	0,061	1602,00	2,35	0,106	0,0220	5
<b>MARP</b>	1099,70	193,51	46,53	1,63	0,508	2892,81	2,63	0,095	0,0008	6
<b>ARF</b>	652,74	152,95	74,53	1,68	0,118	1576,28	2,41	0,104	0,0050	6
<b>MBRP</b>	207,39	77,41	34,65	1,51	0,173	483,52	2,33	0,107	0,0007	2
<b>BRP</b>	433,77	123,73	34,11	1,66	0,373	973,63	2,24	0,111	0,0016	2

**Área** = área da região hidrográfica (Km<sup>2</sup>); **P** = perímetro (km); **Kc** = coeficiente de compacidade (adimensional); **Kf** = fator de forma (adimensional); **Lt** = comprimento total de todos os cursos d'água da região hidrográfica (km); **Dd** = densidade de drenagem (km/km<sup>2</sup>); **L** = extensão média do escoamento superficial (km); **S1** = declividade média do curso d'água principal da região hidrográfica (m/m); **Ordem** = ordem dos cursos d'água.

**BHRP** = Bacia Hidrográfica do Rio Preto; **ARP** = Região Hidrográfica do Alto Rio Preto; **RB** = Região hidrográfica do Rio do Bananal; **MARP** = Região Hidrográfica do Médio Alto Rio Preto; **ARF** = Região Hidrográfica do Alto Rio das Flores; **MBARP** = Região Hidrográfica do Médio Baixo Rio Preto; **BRP** = Região Hidrográfica do Baixo Rio Preto.

A partir dos índices apresentados no Quadro 4, observa-se-se que, de maneira geral, a BHRP mostra ser pouco sujeita a enchentes por apresentar um alto valor de coeficiente de compacidade ( $Kc = 1,99$ ), e fator de forma com valor bastante baixo ( $Kf = 0,068$ ). Ou seja, possui um formato alongado e estreito aliado a uma alta densidade de drenagem ( $Dd = 2,26$ ), com isto, de acordo com estes índices, é esperado que existam menores possibilidades de ocorrência de chuvas intensas cobrindo simultaneamente toda sua extensão. De acordo com VILLELA e MATTOS (1975), o formato da bacia influencia o tempo de concentração, ou seja, o tempo que leva a água dos limites da bacia para chegar à saída da mesma. Nesse caso, pode-se dizer que a tendência à enchentes será

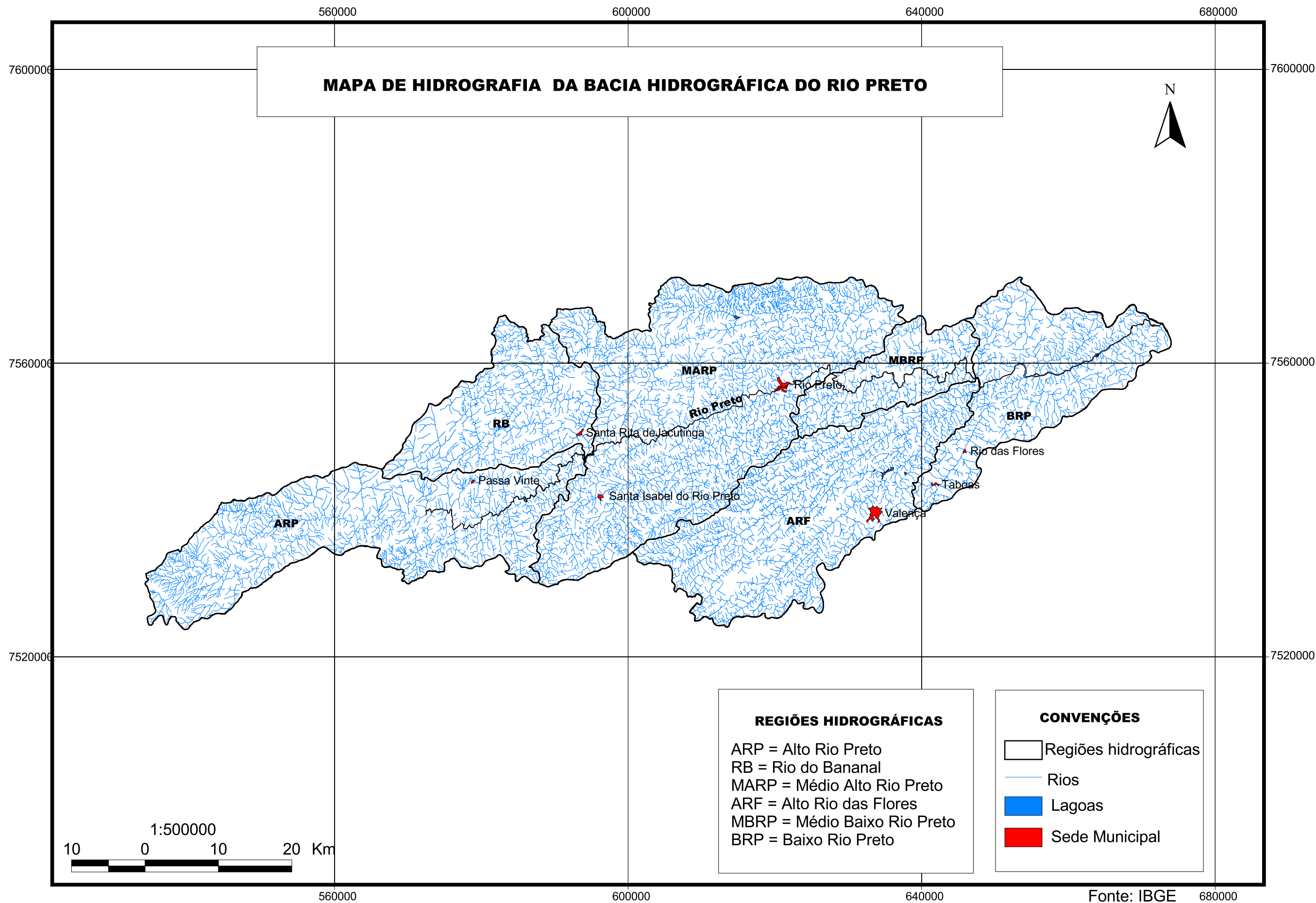


Figura 11 - Hidrografia da BHRP.

menor do que ocorreria caso a Bacia tivesse uma forma mais circular. Mas, por se tratar de uma área bastante extensa, estes índices podem ser considerados de menor precisão, pois na realidade é observada a ocorrência de enchentes na Bacia, em função do relevo acidentado, dos solos rasos e do intenso desmatamento.

A estimativa destes índices e o conhecimento das vazões máximas associadas a um determinado risco de ocorrência são importantes para a determinação de áreas sujeitas à inundação, sendo fundamental a adoção de medidas estruturais e não-estruturais para controle ou atenua o do efeito das cheias, fornecendo, também, parâmetros necessários ao entendimento de problemas relacionados à erosão e depósito de material sólido carregado pelas  guas (EUCLYDES et al., 2002). No geral, as regiões hidrográficas apresentam valores de  $K_c$ ,  $K_f$  e  $D_d$  bastante similares, mas, pelo Quadro 4, pode-se afirmar que a região hidrográfica RB, estará menos sujeita a enchentes do que as outras regiões, por apresentar um alto valor de coeficiente de compacidade ( $K_c = 1,96$ ), um fator de forma com valor bastante baixo ( $K_f = 0,061$ ) e alta densidade de drenagem ( $D_d = 2,35$ ). Por outro lado, a região hidrográfica MARP, será a mais sujeita à enchentes ( $K_c = 1,63$  e  $K_f = 0,508$ ). Segundo RAY (1963), a densidade de drenagem em um dado ambiente climático, está relacionada principalmente com a resistência   erosão dos materiais presentes, aumentando a densidade,   medida que diminui a resistência   erosão. Contudo, admite-se que podem existir exceções, e muitas são devidas   natureza dos solos que se desenvolvem sobre estas rochas (FRANÇA, 1968).

A Figura 12 mostra os principais cursos d'água da BHRP e das respectivas regiões hidrográficas. A partir desta ilustra o, pode-se obter a ordem dos cursos d' água que formam cada uma das seis regiões hidrográficas (Quadro 4), de acordo com a hierarquia de Strahler (VILELA e MATOS, 1975). Assim, para a BHRP, o sistema de drenagem apresenta grau de ramifica o de sexta ordem, considerando-se os cursos d'água principais, incluindo córregos e riachos perenes. Considera-se que, quando mais ramificada a rede, mais eficiente é a drenagem. A  gua precipitada, após ter se iniciado o escoamento superficial, vai percorrer uma extensão menor até encontrar um curso d' gua (VILELA e MATOS, 1975). Este percurso é

denominado extensão média do escoamento superficial (I). Para a BHRP foi de 114 m e, para as regiões hidrográficas variou entre 95 e 114 m, valor considerado pequeno. Uma extensão de escoamento pequena poderia provocar alagamentos em dias de chuvas intensas em função da menor possibilidade de infiltração da água no solo.

Em geral, o padrão de drenagem formado pelos cursos d'água da BHRP caracteriza-se como do tipo dendrítico com um forte controle estrutural no sentido NE-SW devido à ocorrência de falhas geológicas, como a que controla o encaixe do Rio Paraíba do Sul. Este controle estrutural também é responsável pela dinâmica das frentes de chuvas estendendo-se paralelas à linha da costa, ou seja, moldando-se na direção geral NE-SW, paralela à cadeia de montanhas. O padrão de drenagem do tipo dendrítico ocorre em função do tipo de rocha e das estruturas geológicas e tectônicas presentes na bacia. Segundo SOARES (2000), esse padrão ocorre em altitudes elevadas nas quais as rochas de origem oferecem uma resistência relativamente uniforme à erosão. Em relação à geologia, este padrão ocorre preferencialmente quando a rocha dos substratos é homogênea, como rochas graníticas, por exemplo, ou ainda, no caso de rochas sedimentares ou metassedimentares com estratos horizontais (RICCOMINI et al, 2001). Em relação às sub-bacias, apenas na sub-bacia do Alto Rio das Flores pode ser observado o padrão de drenagem mais tendente ao paralelo, fato que pode ser explicado pela geologia local (Complexo Paraíba do Sul) e pela ocorrência de intensa rede de fraturas e falhas, de direção NE-SW.

A declividade média do curso d'água principal (S1) é outro aspecto relevante, pois interfere na velocidade de escoamento da água no curso. Na BHRP a foz do Rio Preto encontra-se na cota de 340 m e a nascente situa-se na cota de 2.787 m de altitude. Mas, como o Itatiaia é isolado nas cabeceiras devido às elevadas altitudes, para o cálculo deste índice foi considerada uma altitude de 800 m, que representa a base deste maciço montanhoso. Neste intervalo de 224 Km com sentido de corrente de sudoeste – nordeste, o Rio Preto apresenta uma diferença de nível de 460 m, com valor de declividade média de 0,0020 m/m, portanto, segundo VILELA e MATOS (1975), apresenta tendência a enchentes, em função desta diferença de altitude.

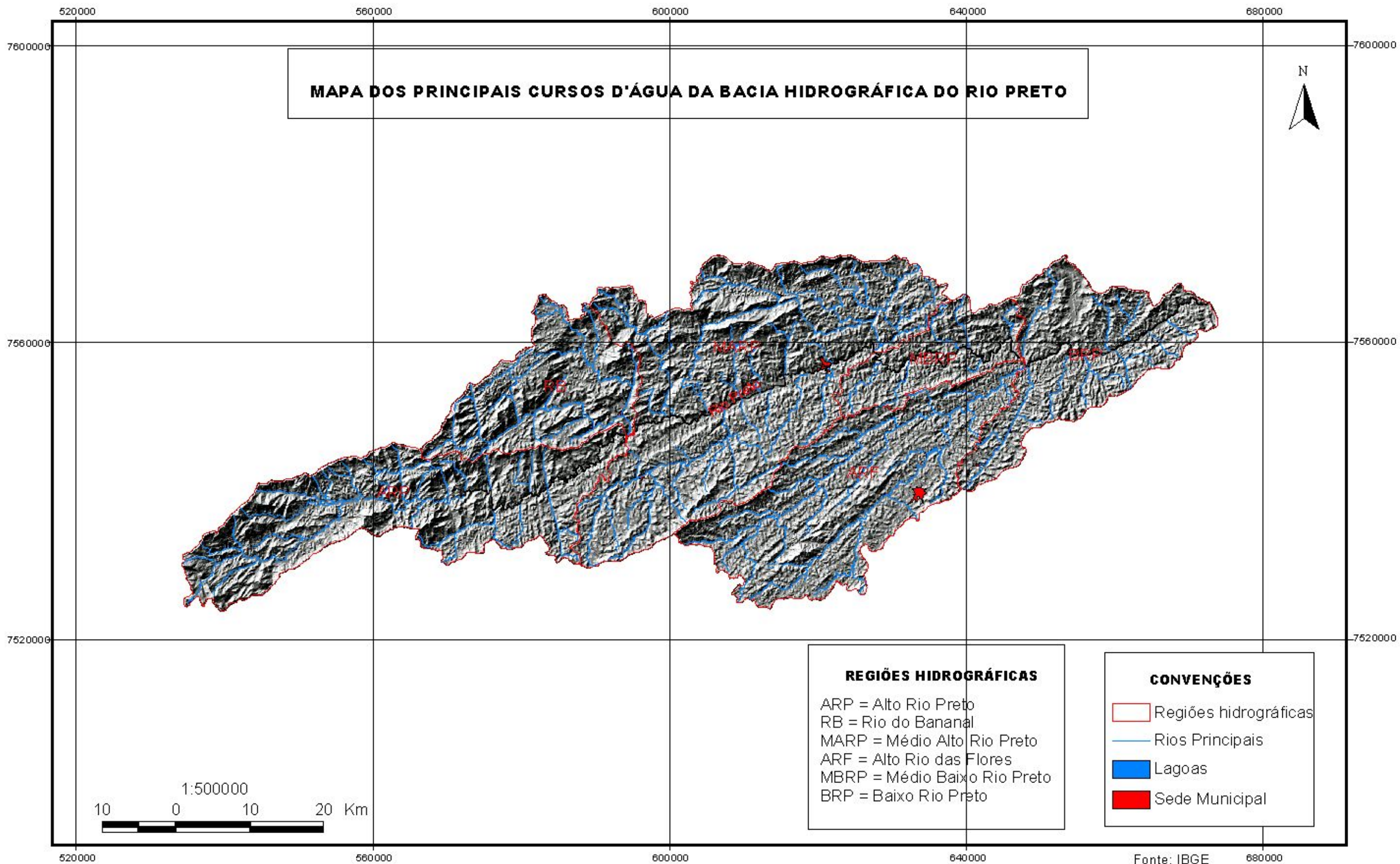


Figura 12: Principais cursos d'água da BHRP e das respectivas regiões hidrográficas

### 4.3. Aspectos geológicos, pedológicos e cobertura vegetal na BHRP

Com uma área de 3.434,57 Km<sup>2</sup> (343.457,00 ha) a BHRP está dividida em 6 regiões hidrográficas permitindo a observação de uma grande variedade de ambientes, incluindo desde áreas de preservação ambiental como o Parque Nacional do Itatiaia com altitudes variando de 800 a 2.787 m, até áreas extensamente antropizadas e ocupadas por pastagens degradadas em altitudes de até 300 m.

Esta bacia hidrográfica está localizada no Domínio Morfoclimático dos Mares de Morros, sendo assim denominada, por tratar-se de uma região acidentada coberta originalmente por floresta tropical com substrato de rochas gnáissicas e graníticas, principalmente. Hoje, as florestas naturais estão praticamente reduzidas a remanescentes isolados e, que são mais expressivos apenas onde o relevo se torna montanhoso.

A geologia da área da BHRP está representada por litologias de idade arqueana, representada pelo Complexo Juiz de Fora, pelo Gnaisse Piedade e pelo Complexo Paraíba do Sul; do Proterozóico Superior representada pela Suíte Intrusiva Três Córregos, do Proterozóico Inferior representada pelo Grupo Andrelândia e, do Terciário, representada pelas Rochas Intrusivas Alcalinas (Figura 13). Praticamente toda a área da BHRP é coberta pelos Complexos Paraíba do Sul e Juiz de Fora, representando, respectivamente, 52,0% e 35,0%, da superfície da Bacia. O Grupo Andrelândia cobre 9,0% da área e, em menores proporções estão o Gnaisse Piedade (1,7%), a Suíte Intrusiva Três Córregos (1,4%) e as Rochas Intrusivas Alcalinas (0,9%).

Segundo RADAMBRASIL (1983), em relação à vegetação (Figura 14), a Floresta Estacional Semidecidual representa 77% da cobertura original da BHRP, sendo que, deste total, 82% está hoje representada por pastagens, 17% por vegetação secundária e 0,6% pelo refúgio ecológico alto-montano. Neste último, situa-se a nascente do Rio Preto, no pico das Agulhas Negras dentro da área do Parque Nacional do Itatiaia. A Floresta Ombrófila Densa representa 19% da Bacia, com 69% do total coberta por pastagens, 16% por vegetação secundária, 11% por floresta alto montana e 4% floresta montana. O restante da Bacia está coberto por áreas de contato entre floresta estacional, floresta ombrófila e floresta mista.

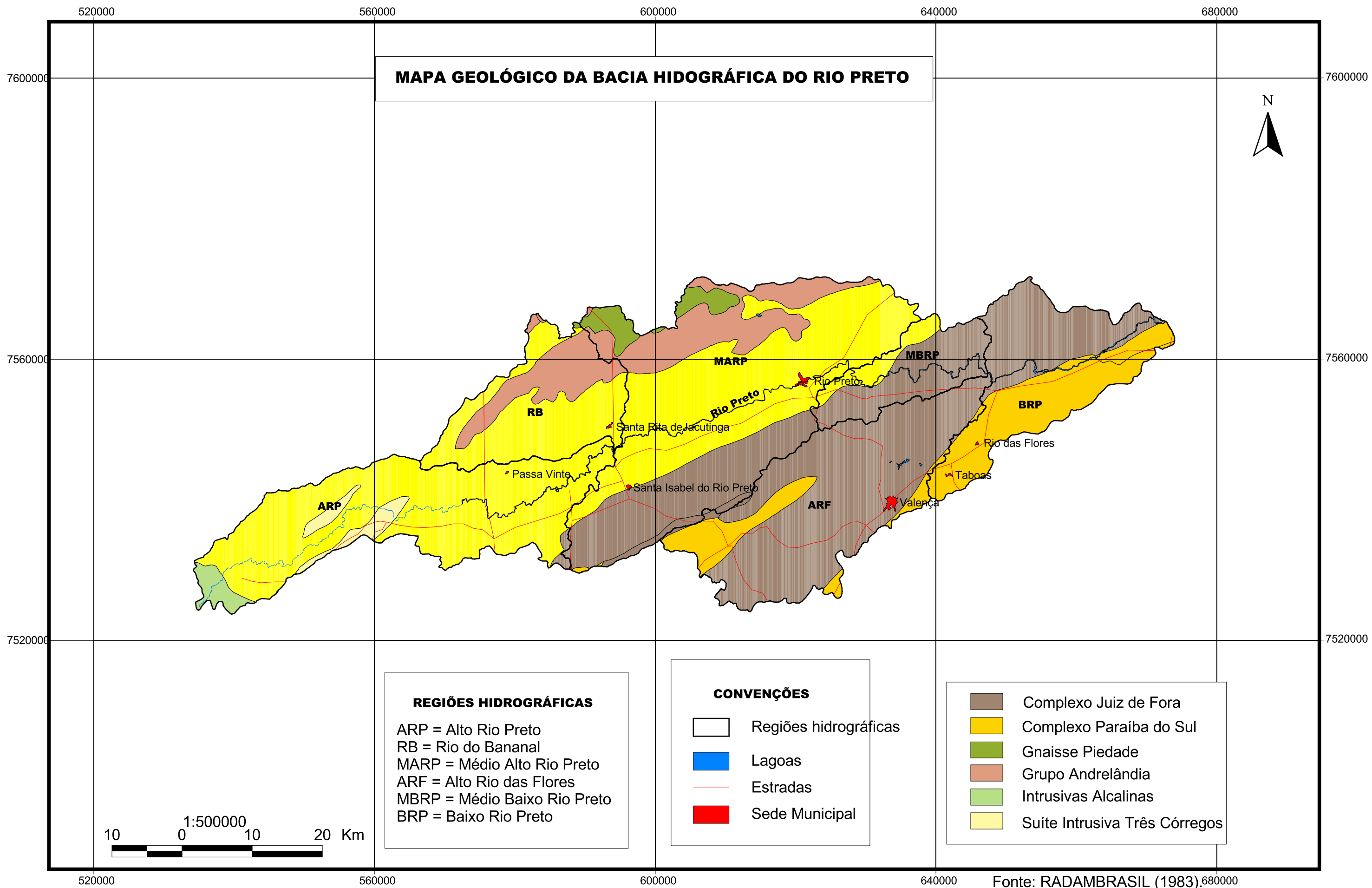


Figura 13 - Mapa geológico da BHRP.

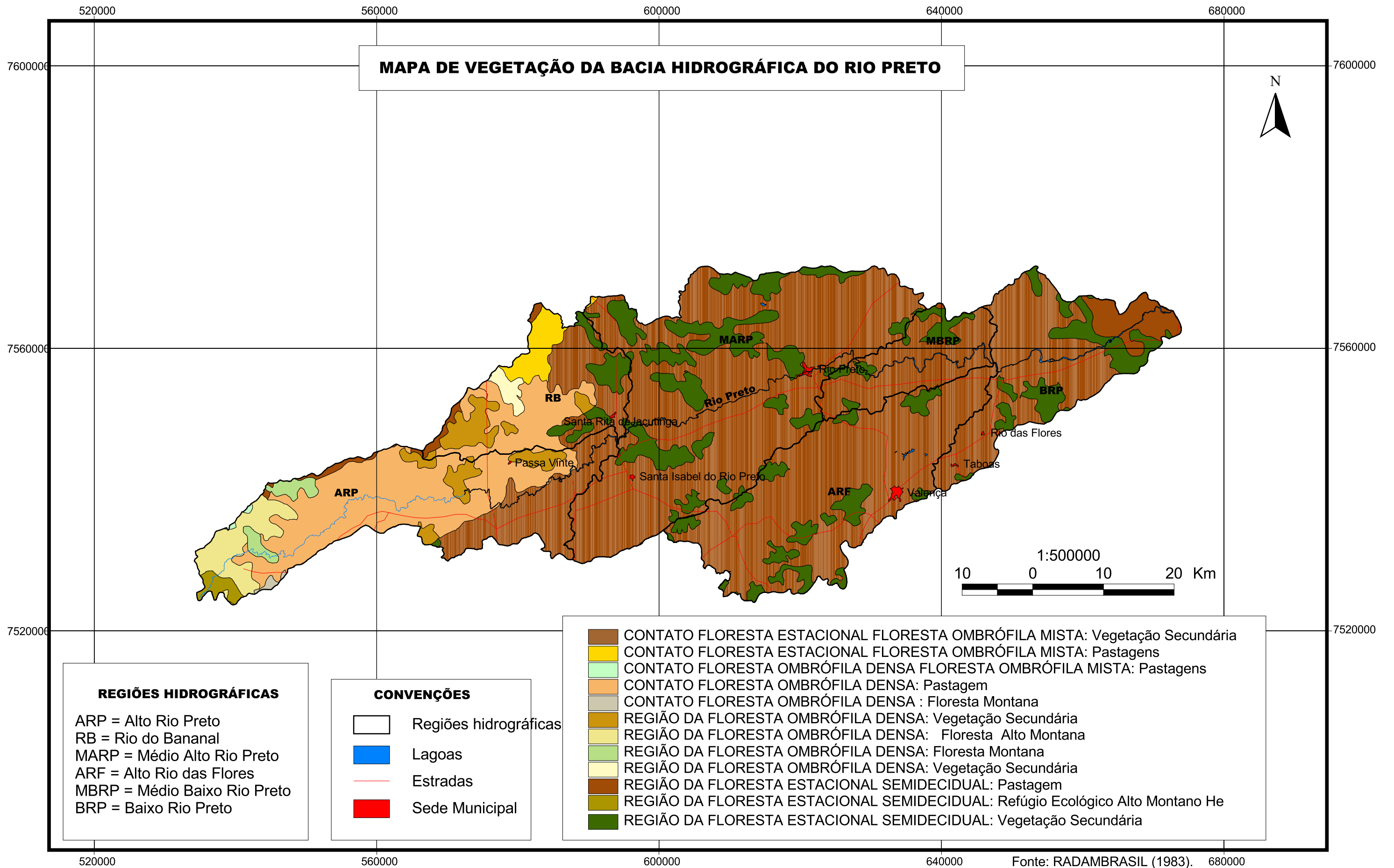


Figura 14 - Mapa de vegetação da BHRP.

Em relação à cobertura pedológica (Figura 15), 65% da área (2.226,0 km<sup>2</sup>) está representada pela associação de Latossolo Vermelho Amarelo e Cambissolo, ambos álicos, com inclusões de Afloramentos de Rochas, Neossolos Litólicos e Argissolos. Em segundo lugar, com 30% (1.037,6 km<sup>2</sup>) da área, ocorre a associação de Cambissolos e Latossolo Vermelho Amarelo, ambos álicos e distróficos, com inclusões de Neossolos Litólicos e Afloramentos de Rochas. Um percentual muito pequeno da área (0,9% ou 30,0 km<sup>2</sup>) é formado pela associação complexa de Cambissolos, Neossolos Litólicos e Afloramentos de Rochas, na área do Parque Nacional do Itatiaia em altitudes maiores que 1.600 m. Nesta última área, em função da menor temperatura, também ocorrem os Cambissolos Húmicos, numa área de 19,3 Km<sup>2</sup> (0,7%). Uma mancha um pouco maior de ocorrência de Argissolos aparecendo como inclusões em área de Latossolo Vermelho Amarelo e Cambissolos, ambos álicos e distróficos, é observada próximo ao Rio das Flores na região hidrográfica do Alto Rio das Flores, abrangendo uma área de 121,50 Km<sup>2</sup> (3,4%).

Partindo-se dos aspectos geológicos, a área do Parque Nacional do Itatiaia está embasada em Rochas Alcalinas Intrusivas, formadas pela associação de rochas leucocráticas plutônicas e hipabissais. O corpo alcalino do Itatiaia é uma feição geotectônica de idade cretácea, que é parte do processo tectônico que levou à separação do Brasil e da África. Do ponto de vista pedológico, a área é dominada pela associação complexa de: Cambissolo textura argilosa e média e Neossolos Litólicos textura média, ambos húmicos e álicos, fase rochosa relevo montanhoso e escarpado e Afloramentos de Rochas. É sabido que os solos mais jovens situam-se nas partes mais rejuvenescidas da paisagem, apresentando um relevo mais acidentado. Nestes locais, a erosão natural é mais acelerada e o material de solo é removido antes de atingir um envelhecimento acentuado. Os afloramentos de rochas estão, portanto, associados às pedoformas mais acentuadas. Neste caso, é de se esperar que os Neossolos Litólicos e Afloramentos de Rochas ocorram nas partes mais íngremes, enquanto os Cambissolos encontrem-se nas encostas côncavas e convexas. Estas classes de solos estão associadas à cobertura vegetal denominada Refúgio Ecológico Alto-montano Herbáceo e Floresta Alto-montana. A primeira se apresenta na forma de uma cobertura herbáceo-graminóide intercalada por pequenos arbustos, ocorrendo em meio à Floresta

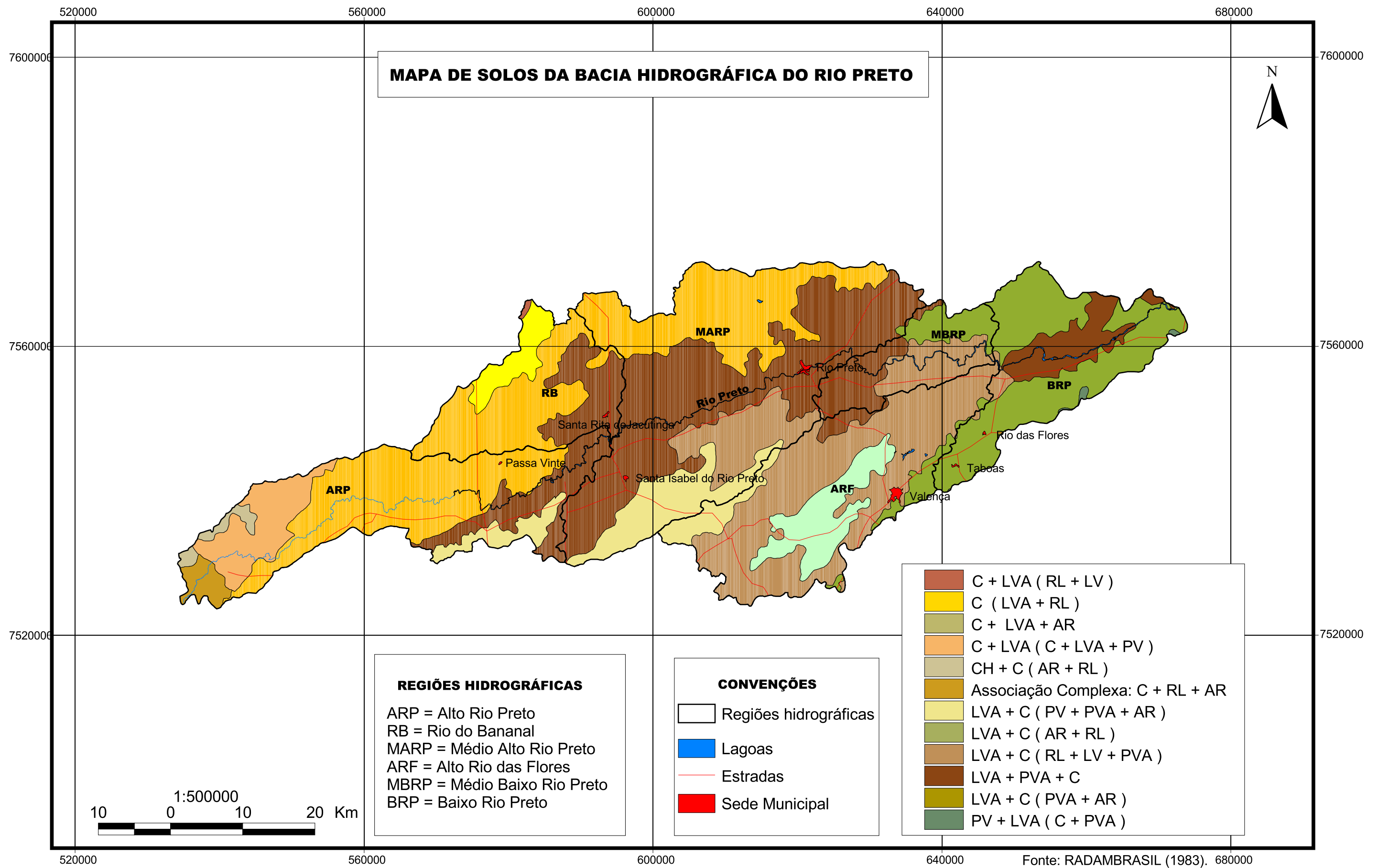


Figura 15- Mapa de solos da BHRP.

Ombrófila Densa Alto-montana, caracterizada por apresentar uma estrutura de nano e microfanerófitas cuja altura pode variar em torno de 5 a 10 m. Não se pode esperar uma composição florística de maior porte por se tratar de um local com solos rasos e de baixa fertilidade natural, em declive acentuado e clima com temperaturas freqüentemente abaixo de 15°C. Assim, é comum a vegetação se apresentar com formas xerofíticas, caracterizadas pelos troncos e galhos finos; casca rugosa; folhas ericóides, pequenas, coriáceas ou carnosas e, brotos terminais protegidos. Normalmente, há grande incidência de epífitas e líquens com característica de floresta nebulosa, pelo alto teor de umidade relativa do ar, no ambiente local (RADAMBRASIL, 1983).

A unidade geológica denominada Complexo Paraíba do Sul é encontrada, na área em estudo, localizada em altitudes que variam de 360 m na desembocadura do Rio Preto no Rio Paraíba até 1.900 m próximo ao Parque Nacional do Itatiaia. É, essencialmente, constituída de gnaisses e migmatitos intensamente tectonizados pela tectônica cretácea. Quanto à cobertura vegetal, nas áreas com altitudes variando na faixa de 1.100 a 1.900 m, têm-se a ocorrência de Floresta Ombrófila Montana Densa caracterizada por apresentar um estrato dominante com altura de até 25 m constituído por macrofanerófitas e, um estrato dominado de meso e nanofanerófitas e mais a presença de palmas (palmito e tucum), pteridófitas (samambaia e xaxim), bromélias e grande quantidade de epífitas e lianas. O restante da área é, essencialmente, recoberta por pastagens por se tratar de uma região intensamente explorada pela pecuária de leite e, em menor proporção, por vegetação secundária.

Encravada no Complexo Paraíba do Sul, aparece a Suíte Intrusiva Três Córregos em altitudes que variam de 1.000 a 1.600 m, com formato de um corpo alongado na direção nordeste, em concordância com a estrutura regional e, constituída, basicamente, por granitos porfiróides. A cobertura vegetal encontrada é formada por vegetação secundária e pastagens, por se tratar de uma área já bastante invadida por atividades agrícolas e pecuárias e estar localizada mais próxima às margens do Rio Preto.

Do ponto de vista pedológico, tanto o Complexo Paraíba do Sul, quanto a Suíte Intrusiva Três Córregos são associadas a Cambissolos textura argilosa e média relevo montanhoso e escarpado, Latossolo Vermelho Amarelo textura argilosa relevo montanhoso, ambos álicos A moderado e Afloramentos de

Rochas, nos locais com altitudes maiores que 1.400 m. Tem-se ainda, a presença de inclusão formada pela associação de Latossolo Vermelho Amarelo A moderado e proeminente relevo montanhoso, Cambissolo A moderado relevo montanhoso e escarpado, ambos distróficos textura argilosa e Neossolos Litólicos álicos A moderado textura média relevo montanhoso e escarpado. No Complexo Paraíba do Sul, em altitudes que variam de 900 a 1.400 m, ocorre uma associação de Latossolo Vermelho Amarelo, Cambissolos e Argissolos, todos álicos e com inclusões de Neossolos Litólicos e Afloramentos de rochas. Em princípio, os Latossolos ocupam as partes menos íngremes destas áreas acidentadas, segundo o modelo de RESENDE et al. (1999), que observou que, quando em topografia acidentada, os Latossolos estão localizados em elevações com superfície mais suave (regular, sem descontinuidades), enquanto a classe dos Cambissolos ocorrerá nas partes mais íngremes. Em áreas de domínio de rochas graníticas, como é o caso da Suíte Intrusiva Três Córregos, o relevo tende a ser mais acentuado, com solos com baixos teores de ferro, baixa fertilidade natural e pouca profundidade. Portanto, segundo o modelo de RESENDE et al. (1999), neste relevo montanhoso, é esperada a ocorrência generalizada de Neossolos Litólicos, Cambissolos e Afloramentos de Rochas.

A unidade geológica denominada Complexo Juiz de Fora, considerada por alguns como o embasamento arqueano regional, tem como rochas de maior ocorrência, os migmatitos e gnaisses. Possui altitudes que variam de 600 a 1.000 m, na Serra da Taquara, próximo aos municípios de Valença e Rio Preto, chegando a 350 m na desembocadura do rio Preto no rio Paraíba. Do ponto de vista pedológico têm-se associações de Latossolo Vermelho Amarelo textura argilosa e muito argilosa relevo forte ondulado e montanhoso e Cambissolo textura argilosa e média relevo montanhoso e forte ondulado, ambos álicos, A moderado. Tem-se ainda, a presença de inclusão formada pela associação de Argissolo Vermelho Amarelo distrófico A moderado textura média/argilosa relevo forte ondulado e Afloramentos de Rochas. Como já citado anteriormente, em geral, é observado que, quando em topografia acidentada, os Latossolos estão localizados em elevações com superfície suave (regular, sem descontinuidades) e, neste caso perfazem a maior parte da área. Solos com horizonte B textural estão presentes como inclusões e são localizados nas elevações com superfície irregular que apresentam descontinuidades e rupturas de declive, corroborando

o modelo de RESENDE et al. (1999). A cobertura vegetal é constituída por vegetação secundária e pastagens, devido à remoção da cobertura vegetal original (Floresta Estacional Semidecidual) para a expansão de atividades agrícolas, pastoris e silviculturais por se tratar de uma área de declives mais suavizados (em relação às anteriores) e por isto, intensamente antropizada.

Nas partes norte e noroeste da BHRP, são encontradas as unidades denominadas Grupo Andrelândia e Gnaiss Piedade. O Grupo Andrelândia é encontrado em altitudes que variam de 900 a 1.400 m, formado principalmente por muscovita-biotita-xistos, gnaisses, rochas básicas e ultrabásicas e anfibolitos, sendo os primeiros altamente erodíveis. O Gnaiss Piedade localizado em altitudes que variam de 900 a 1.650 m é predominantemente formado por rochas gnáissicas com estrutura bandada regular. Ambas são, essencialmente, recobertas por pastagens e vegetação secundária o que denota atividade antrópica, apesar de estarem localizadas em área com relevo mais acidentado. Com relação às classes de solos, predomina uma associação de Cambissolo textura argilosa e média relevo montanhoso e escarpado, Latossolo Vermelho Amarelo textura argilosa relevo montanhoso, ambos álicos A moderado, e Afloramentos de Rochas.

Pode-se concluir que os principais fatores limitantes do uso dos solos da BHRP, para fins agrícolas e pecuários, estão relacionados à baixa fertilidade, aliado ao relevo fortemente ondulado a montanhoso. Esta combinação resulta em solos com aptidão agrícola restrita para a maior parte das culturas e, para as pastagens, os solos apresentam restrições topográficas e um alto risco de erosão. Os sucessivos ciclos de ocupação, aliados à natureza dos solos e aos processos edáficos que ocorrem na área, são os responsáveis pela degradação das terras e a baixa aptidão agrícola. Estas restrições de natureza pedológica afetam todas as atividades agropecuárias diretamente, devido aos custos de produção aumentados em consequência das aplicações de adubos e corretivos necessários para viabilizar uma exploração agrícola rentável.

As áreas com potencial para pastagens, com moderada a alta exigência por fertilizantes e corretivos, apresentam limitações muito fortes quanto à erosão, práticas corretivas e, eventualmente, podem, não apresentar viabilidade técnica e econômica. As áreas com pastagens são as mais propícias à degradação, favorecendo a erosão e consequentemente o assoreamento de rios, canais e

lagoas e, freqüentemente, o entulhamento de partes baixas por detritos e solo provenientes das encostas erodidas. São, em geral, pastos de má qualidade, com pouca capacidade de sustentação e de baixo rendimento. Uma parte destas áreas para pastagens se presta ao cultivo de lavouras perenes ou anuais, principalmente aquelas em relevo plano ou suave ondulado.

Áreas totalmente inaptas a atividades agropecuárias ou florestais, compreendendo os afloramentos de rochas, solos muito rasos e pedregosos e solos com gradiente textural, em relevos acidentados, constituem-se como áreas ideais para proteção de espécies vegetais e animais associadas às áreas de preservação ambiental. Assim, ressalta-se a importância da cobertura vegetal como recurso ecológico e preservacionista da área.

Devido às fragilidades do solo regional, exaurido por ciclos sucessivos de atividade agropecuária predatória e a ausência de recursos minerais expressivos, os valores mais elevados de potencial natural ocorrem justamente onde a cobertura florestal está mais preservada.

O Parque Nacional de Itatiaia se constitui em local submetido a condição especial de manejo, com um nível alto de cobertura florestal e definindo uma zona de preservação e manejo sustentado. Como as Áreas de Proteção Ambiental permitem uma utilização mais flexível se comparada aos Parques, Reservas e Estações Ecológicas, os remanescentes florestais devem ser alvo de iniciativas preservacionistas, podendo vir a se transformar em unidades de conservação. Essa é uma alternativa promissora para a preservação desses remanescentes, uma vez que o proprietário pode explorá-lo economicamente, sem provocar qualquer tipo de dano ambiental. A sua preservação é de extrema importância para a manutenção da diversidade biológica e dos recursos hídricos, proporcionando uma qualidade de vida mais elevada para a população, face à sustentação do equilíbrio dos ecossistemas existentes.

A área, como um todo, apresenta nítida vocação para as atividades de recuperação e de conservação, como o planejamento ambiental, a proteção dos cursos d'água e o reflorestamento.

A agropecuária, uma atividade bastante explorada na BHRP, necessita de inovações tecnológicas, associadas a soluções ecológicas com a função de redução do impacto ambiental em uma região já bastante afetada pela degradação do ambiente.

#### 4.4. Unidades geoambientais e estimativa do estoque de carbono na BHRP

A metodologia utilizada para a identificação dos geoambientes permitiu identificar e separar 4 unidades dentro da BHRP, a partir de atributos geológicos, pedológicos e de relevo (Figura 16). As Unidades Geoambientais foram assim denominadas: Maciço Montanhoso do Itatiaia/Alto Rio Preto; Planalto Soerguido do Alto Rio Preto; Maciço Montanhoso em Rochas Proterozóicas Metassedimentares e Planalto Deprimido do Médio Baixo Rio Preto.

Em cada unidade geoambiental foi realizado o cálculo da estimativa do estoque de carbono. No Quadro 5, são mostrados os cálculos do teor de carbono total ( $t\ ha^{-1}$ ) nos perfis selecionados do relatório referente à Folha SF-23 (RADAMBRASIL, 1983), considerando-se as quatro profundidades arbitradas em função da classe de solo e de sua posição na paisagem. O Quadro 6 apresenta o estoque de carbono total e por unidade de área em cada UG.

Quadro 5: Teor de carbono total ( $t\ ha^{-1}$ ) em perfis selecionados do relatório da Folha SF-23 do projeto RADAMBRASIL (1983), considerando-se diferentes profundidades (cm)

Prof	Ch	C	LVA	PV	PVA	RLh	RL
0-10						43	11
0-15						65	17
0-50	216	77	65				
0-100	306	180	101	68	50		

Ch = Cambissolo Húmico; C = Cambissolo; LVA = Latossolo Vermelho Amarelo; PV = Argissolo Vermelho; PVA = Argissolo Vermelho Amarelo; RLh = Neossolo Litólico Húmico; RL = Neossolo Litólico.

Quadro 6: Estoque de carbono total e por unidade de área em perfis de cada UG

UG	Área (ha)	Total (t)	$t\ ha^{-1}$
M.M.Itatiaia/ARP	17.100	1.819.440	106
PI.Soerguido ARP	56.100	5.410.845	96
M.M. Rochas Prot. Metas.	35.200	2.506.240	71
PI. Depr. MBRP	235.000	13.035.250	55

M.M. Itatiaia/ARP = Maciço Montanhoso do Itatiaia/Alto Rio Preto; PI.Soerguido ARP = Planalto Soerguido do Alto Rio Preto; M.M. Rochas Prot. Metas. = Maciço Montanhoso em Rochas Proterozóicas Metassedimentares; PI. Depr. MBRP = Planalto Deprimido do Médio Baixo Rio Preto.

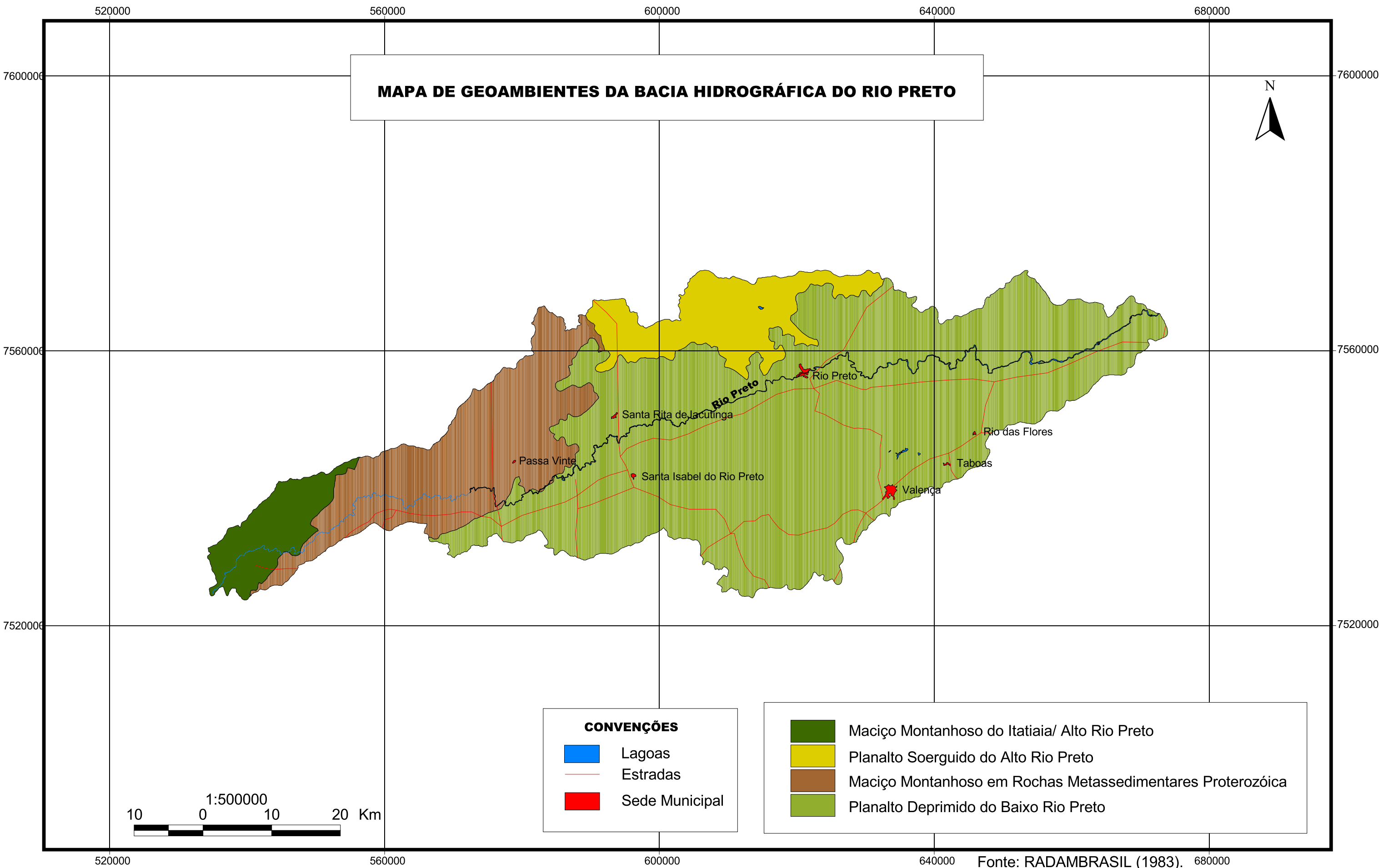


Figura 16 - Unidades Geoambientais

#### 4.4.1. Maciço Montanhoso do Itatiaia/Alto Rio Preto

Esta UG atinge uma extensão de 171 Km<sup>2</sup>, cobrindo 5% da área total da BHRP. São áreas com relevo forte ondulado a montanhoso com topos alongados formando, por vezes, cristas e encostas desnudas na média encosta.

A litologia desta UG, segundo RADAMBRASIL (1983), é representada pelas Rochas Intrusivas Alcalinas abrangendo uma área de 30 Km<sup>2</sup> (18%), em altitudes que variam de 1.700 m a 2.787 m (Pico das Agulhas Negras) e, pelo Complexo Paraíba do Sul, abrangendo uma área de 141 Km<sup>2</sup> (82%) em altitudes que variam desde 1.100 a 1.700 m.

A cobertura pedológica predominante é formada por uma associação de Cambissolos e Latossolos Vermelho Amarelos com inclusões de Cambissolos Húmicos, Neossolos Litólicos, Afloramentos de Rochas e Argissolos (RADAMBRASIL, 1983).

A vegetação é formada por Floresta Alto Montana com Araucária e Floresta Montana nas altitudes mais elevadas e por pastagens nas altitudes situadas entre 1.100 a 1.300 m (RADAMBRASIL, 1983).

Como descrito acima, nesta UG, exceto a classe dos Latossolos, predominam os afloramentos rochosos e os solos jovens, pouco desenvolvidos e com os processos pedogenéticos ainda em curso, como os Cambissolos e Neossolos Litólicos. A pouca profundidade destes solos aliada à ausência de um horizonte B desenvolvido, facilita o escoamento superficial e os escorregamentos de terra quando a área perde a sua cobertura vegetal protetora. Em suma, a paisagem desta UG é caracterizada por um relevo bastante acidentado aliado à um ambiente pedológico com fragilidade, podendo ser caracterizada como de alto risco ambiental em relação a movimentos de massa, formação de ravinas, voçorocas e deslizamentos sob intervenção antrópica, como pastagens mal manejadas e decapitação de solos.

Em relação à estimativa do estoque de carbono nos solos (Quadro 6), esta UG apresenta o maior valor relativo, em torno de 106 t ha<sup>-1</sup>. Este valor corrobora os dados de SIMAS (2002), que afirma sobre a importância das áreas montanhosas tropicais na imobilização do carbono, em função do clima mais frio e menor ciclagem de C no solo. Neste caso, estas áreas passam a se comportar como uma região subtropical.

#### 4.4.2. Planalto Soerguido do Alto Rio Preto

Esta UG possui uma extensão de 561 Km<sup>2</sup> representando 16,3% da área da BHRP.

É caracterizada pela ocorrência de três litologias: Complexo Paraíba do Sul, Grupo Andrelândia e Suíte Intrusiva Três Córregos (RADAMBRASIL, 1983). Na parte sob litologias pertencentes ao Complexo Paraíba do Sul abrangendo uma área de 408,10 Km<sup>2</sup>, o relevo varia de forte ondulado a ondulado com altitudes entre 600 e 1.100 m. Mais ao norte desta UG, ocorrem áreas isoladas com altitudes que alcançam 1500 m, caracterizando o relevo montanhoso com litologias pertencentes ao Grupo Andrelândia correspondendo a uma área de 111,80 Km<sup>2</sup>. À sudoeste desta UG ocorre a Suíte Intrusiva Três Córregos com uma área de 41,11 Km<sup>2</sup>, com altitudes que variam entre 1.500 e 1.000 m.

A cobertura pedológica é representada por Cambissolos álicos, Latossolos Vermelho Amarelos e Afloramentos de Rochas com inclusões de Neossolos Litólicos e Argissolos distróficos.

A cobertura vegetal predominante é formada por pastagens e vegetação secundária, com remanescentes de florestas (RADAMBRASIL, 1983).

Nesta UG a ocorrência de Argissolos no terço inferior e médio das colinas e de Cambissolos nas cristas de serras internas a esta Unidade, associadas ao intenso desmatamento para uso com pastagens e aos cortes para construção de estradas, os processos erosivos são bastante severos, com a ocorrência freqüente de voçorocas que abrem verdadeiras crateras nas laterais dos morros, começando quase sempre no terço inferior. Como é sabido, os Cambissolos, Argissolos e, mesmo Neossolos Litólicos são solos pouco profundos, com gradiente textural alto entre os horizontes A e B, o que favorece o processo erosivo em virtude da diferença de velocidade de percolação da água entre as duas camadas. Sendo assim, de modo geral, nesta UG, os riscos ambientais podem ser classificados como moderados a baixos nos Latossolos; moderados a altos nos Cambissolos e altos a severos nos Argissolos em função da erodibilidade acentuada e da intensa morfogênese, com solos mais rasos e expostos.

A estimativa de carbono nos solos desta UG mostrou um teor de 96 t ha<sup>-1</sup>, abaixo do teor apresentado na UG do Maciço Montanhoso do Itatiaia/Alto Rio Preto, mostrando resultado consistente, visto se tratar de uma área localizada em altitudes menos elevadas do que a unidade geoambiental do Planalto Soerguido do Alto Rio Preto elevadas com remanescentes florestais mais extensos e clima tropical. Estes fatores aliados são os maiores responsáveis pela maior incorporação do carbono do que o Planalto Deprimido do Médio Baixo Rio Preto.

#### **4.4.3. Maciço Montanhoso em Rochas Metassedimentares Proterozóicas**

Esta UG está localizada na parte norte da BHRP abrangendo 10,3% da Bacia, numa área de 352 Km<sup>2</sup>.

É formada por três unidades geológicas (RADAMBRASIL, 1983): Grupo Andrelândia cobrindo 193,3 Km<sup>2</sup> em altitudes que variam de 900 a 1.600 m; Gnaiss Piedade cobrindo 54,6 Km<sup>2</sup> em altitudes de 900 a 1.200 m e, nas menores altitudes, variando entre 500 a 1.000 m está o Complexo Paraíba do Sul, cobrindo 104,1 Km<sup>2</sup> desta UG.

A cobertura pedológica predominante é representada por Cambissolos, Latossolos Vermelho Amarelos e Afloramentos de Rochas (RADAMBRASIL, 1983).

A cobertura vegetal predominante é formada por vegetação secundária e pastagens (RADAMBRASIL, 1983), além de áreas de florestas nos locais de relevo mais acidentado em função da maior dificuldade de acesso por atividades antrópicas

Nesta Unidade, os riscos ambientais podem ser considerados de altos a severos, com uma intensa ocorrência de processos erosivos com a retirada da vegetação. Este fato é devido ao relevo acidentado e a litologia composta por rochas de material arenoso (quartzito) que se apresenta com baixa coerência de materiais (grãos) e baixa resistência aos fluxos de água, provocando os processos erosivos que são intensos em função da alta inclinação das encostas.

O estoque de carbono encontrado nos solos desta UG foi de  $71 \text{ t ha}^{-1}$  é explicado pela intensa morfogênese deste geoambiente que possui perdas acentuadas de carbono em função do excesso de processos erosivos.

#### **4.4.4. Planalto Deprimido do Médio Baixo Rio Preto**

Esta é a maior UG da BHRP com 68,4% da área total da Bacia abrangendo uma extensão de  $2.350 \text{ Km}^2$ .

Possui litologias representadas pelos Complexos Paraíba do Sul e Juiz de Fora (RADAMBRASIL, 1983), cada um cobrindo aproximadamente a mesma extensão de área, em torno de  $1.175 \text{ Km}^2$  por unidade geológica. As altitudes variam de 600 a 800 m nas partes noroeste e oeste desta UG sob litologias pertencentes ao Complexo Paraíba do Sul, chegando a 340 m na parte leste dentro do Complexo Juiz de Fora.

A cobertura pedológica predominante é representada por Latossolos Vermelho Amarelos e Cambissolos álicos com inclusões de Argissolos, Neossolos Litólicos e Afloramentos de Rochas (RADAMBRASIL, 1983).

A cobertura vegetal predominante é formada por vegetação secundária e pastagens, com remanescentes de áreas florestais (RADAMBRASIL, 1983). As pastagens encontram-se em alto grau de degradação devido ao relevo acidentado, a baixa fertilidade natural dos solos e ao superpastoreio.

Trata-se de uma área com clima mais seco e sazonal e alto grau de desmatamento e degradação, decorrentes do povoamento agropecuário tradicional. Esta UG possui a maior concentração populacional em cidades, vilas, vilarejos e áreas rurais em relação às anteriores, caracterizando-a como de alto risco ambiental em função da intensa exploração dos recursos naturais, exigindo a recuperação de seu meio ambiente de modo a torná-las aptas a sustentar o impacto da expansão.

Nesta UG foi encontrado o menor estoque de carbono nos solos ( $55 \text{ t ha}^{-1}$ ) em função da maior degradação e do clima mais seco. Esta estimativa foi considerada satisfatória, por se tratar da unidade com maior extensão de área plana e, como acima afirmado, com alto grau de desmatamento e degradação e intensa morfogênese.

Quadro 7: Unidades Geoambientais da Bacia Hidrográfica do Rio Preto e seus atributos

Unidades Geoambientais	Geologia	Solos predominantes	Relevo	Vegetação	Área (%)
Maciço Montanhoso do Itatiaia/Alto Rio Preto	Rochas Intrusivas Alcalinas e Complexo Paraíba do Sul	Cambissolos, Latossolos Vermelho Amarelos Cambissolos Húmicos, Neossolos litólicos e Afloramentos de Rochas	Forte ondulado a montanhoso	Floresta Alto Montana, Floresta Montana e pastagens	5,0
Planalto Soerguido Alto Rio Preto	Complexo Paraíba do Sul, Grupo Andrelândia e Suíte Intrusiva Três Córregos	Cambissolos, Latossolos Vermelho Amarelos e Afloramentos de Rochas	Ondulado a forte ondulado e montanhoso	Vegetação secundária e pastagens com remanescentes florestais	16,3
Maciço Montanhoso em Rochas Proterozóicas Metassedimentares	Complexo Paraíba do Sul, Gnaiss Piedade e Grupo Andrelândia	Cambissolos, Latossolos Vermelho Amarelos e Afloramentos de Rochas	Ondulado a forte ondulado e montanhoso (1.600-500 m)	Vegetação secundária e pastagens com remanescentes florestais	10,3
Planalto Deprimido do Médio Baixo Rio Preto	Complexos Paraíba do Sul e Juiz de Fora	Latossolos Vermelho Amarelos e Cambissolos álicos	Ondulado a suave ondulado com áreas planas (800-340 m)	Vegetação secundária e pastagens com remanescentes florestais	68,4

## **4.5. Geologia, cobertura vegetal e solos da Região Hidrográfica do Médio Alto Rio Preto (RH-MARP)**

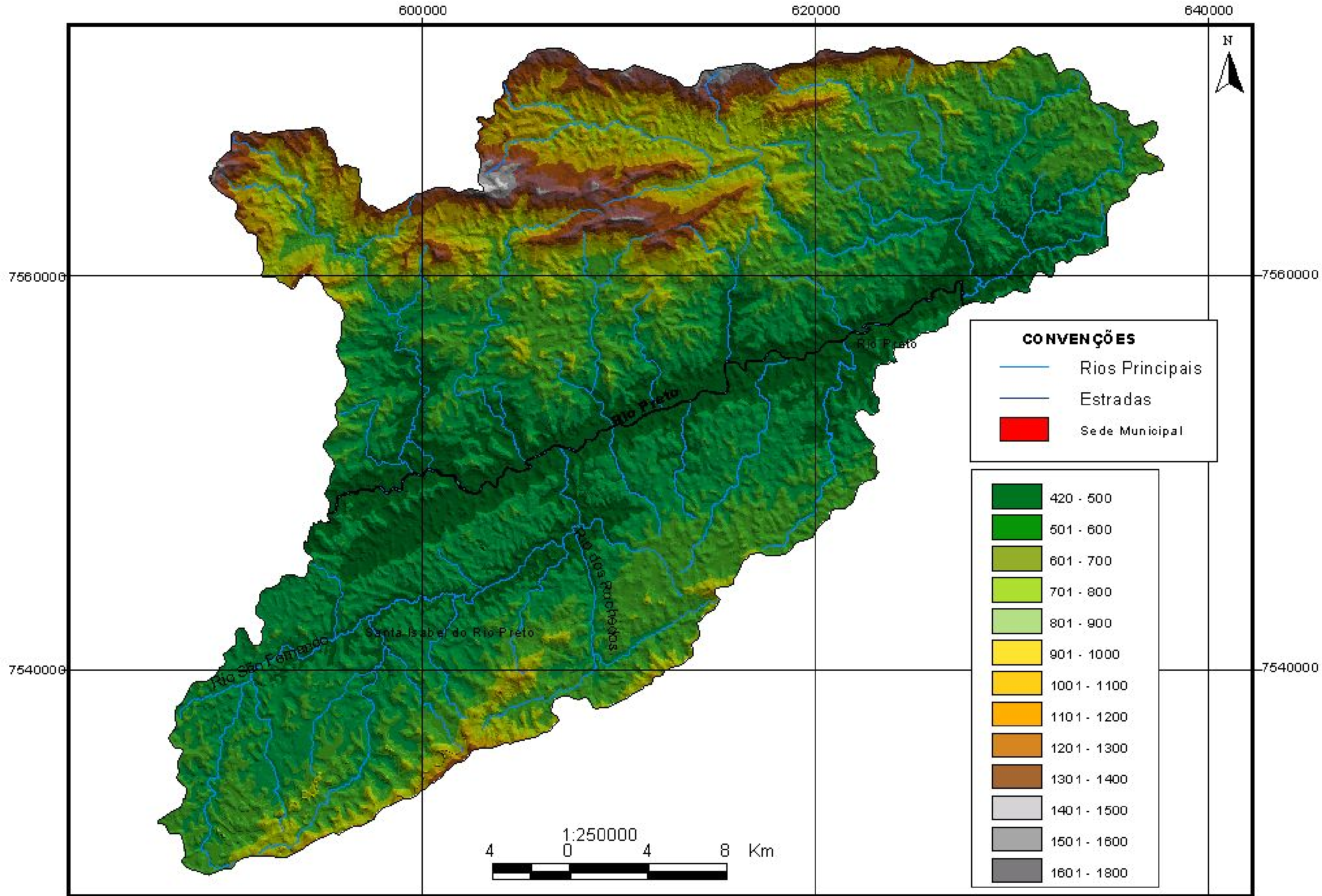
### **4.5.1. Descrição da paisagem**

Dentre as 6 regiões hidrográficas que compõem a BHRP, a Região Hidrográfica do Médio Alto Rio Preto (RH-MARP) é a maior destas, apresentando uma extensão territorial de 1096,70 Km<sup>2</sup>, correspondendo a 32% da área. Dos 14 municípios que compõem a BHRP, 4 deles têm parte de sua área territorial dentro da RH-MARP: Valença, Rio Preto, Santa Rita de Jacutinga e Santa Bárbara do Monte Verde.

Os principais cursos d'água são representados pelo Rio dos Rochedos e pelo Rio São Fernando, ambos afluentes do Rio Preto pelo lado Sul da Bacia. Os outros cursos são representados por córregos e riachos (Figura 17).

A RH-MARP possui altitudes que variam desde 1.500 m em seu limite norte, até aproximadamente 400 m às margens do Rio Preto, conforme pode ser observado no modelo digital de elevação (Figura 17). Em torno de 75% de sua área (815,33 Km<sup>2</sup>) apresenta o relevo de forte ondulado a montanhoso, com vegetação original classificada como floresta estacional semidecidual e hoje composta por pastagens que cobrem 80% da área (877 Km<sup>2</sup>) e vegetação secundária, que recobre os 20% restantes da área (219 Km<sup>2</sup>) (Figura 18).

Em relação à geologia (Figura 19), RH-MARP é composta por 4 unidades estratigráficas: Complexo Paraíba do Sul em 53% da área (577,0 Km<sup>2</sup>) tendo como cobertura pedológica a ocorrência de Latossolos Vermelho Amarelos e Cambissolos, ambos álicos com inclusões de Argissolos distróficos e afloramentos de rochas (Figura 20); Complexo Juiz de Fora em 25% da área (271,0 Km<sup>2</sup>) com ocorrência de Latossolos e Argissolos Vermelho Amarelos e Cambissolos, todos álicos com inclusões de Neossolos Litólicos e afloramentos de rochas; Grupo Andrelândia em 17% da área (190,0 Km<sup>2</sup>) e Gnaisse Piedade em 5% da área (54,0 Km<sup>2</sup>) localizadas em altitudes maiores que 700 m, na parte mais ao norte da RH- MARP, com ocorrência de Cambissolos, Latossolos Vermelho Amarelos e afloramentos de rochas com inclusões de Neossolos Litólicos.



Fonte: IBGE

Figura 17: Modelo Digital de Elevação (MDE) da Região Hidrográfica do Médio Alto Rio Preto

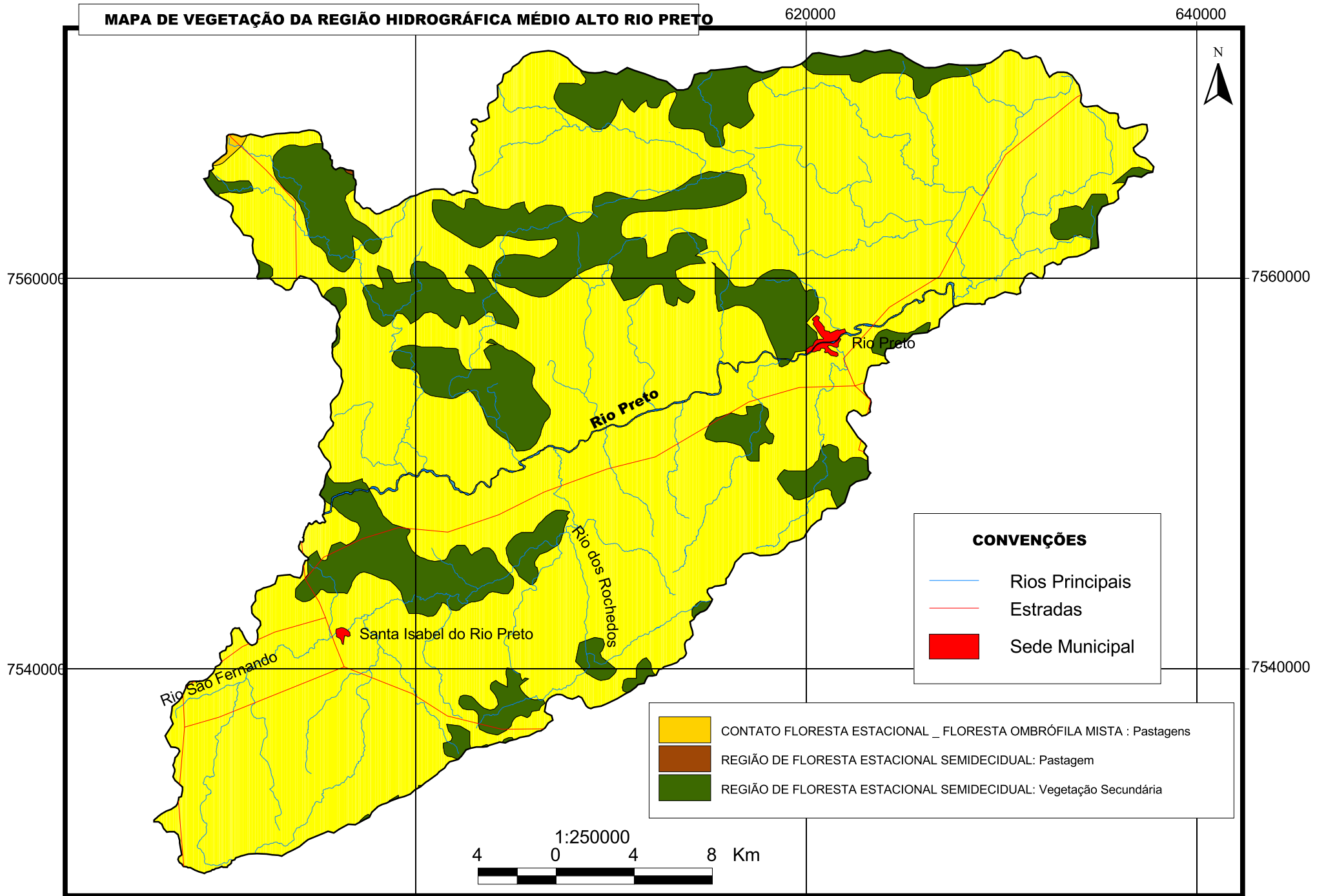


Figura 18: Mapa de vegetação da região hidrográfica do MARP<sub>72</sub>

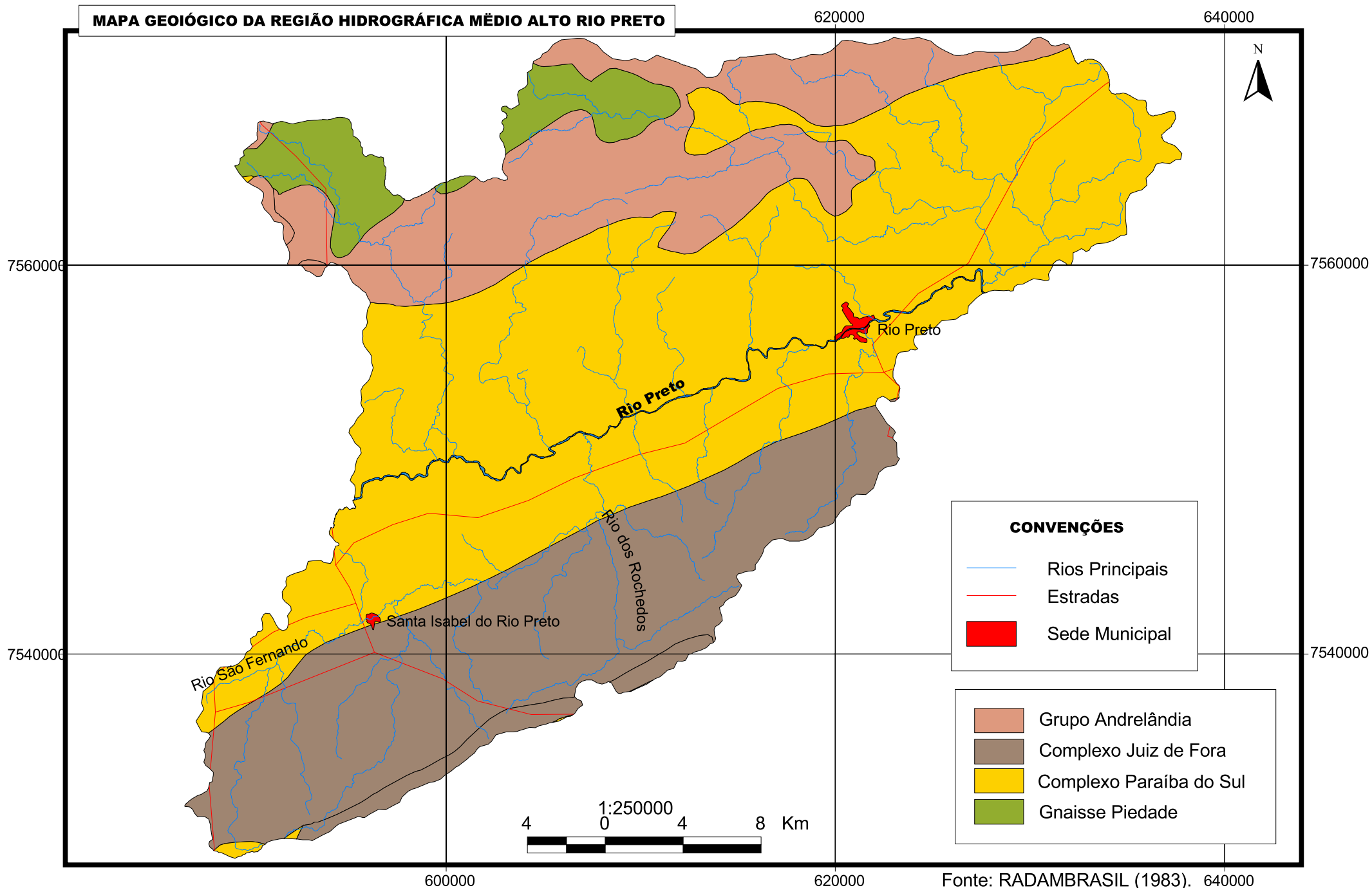


Figura 19: Mapa de geologia da região hidrográfica do MARP.

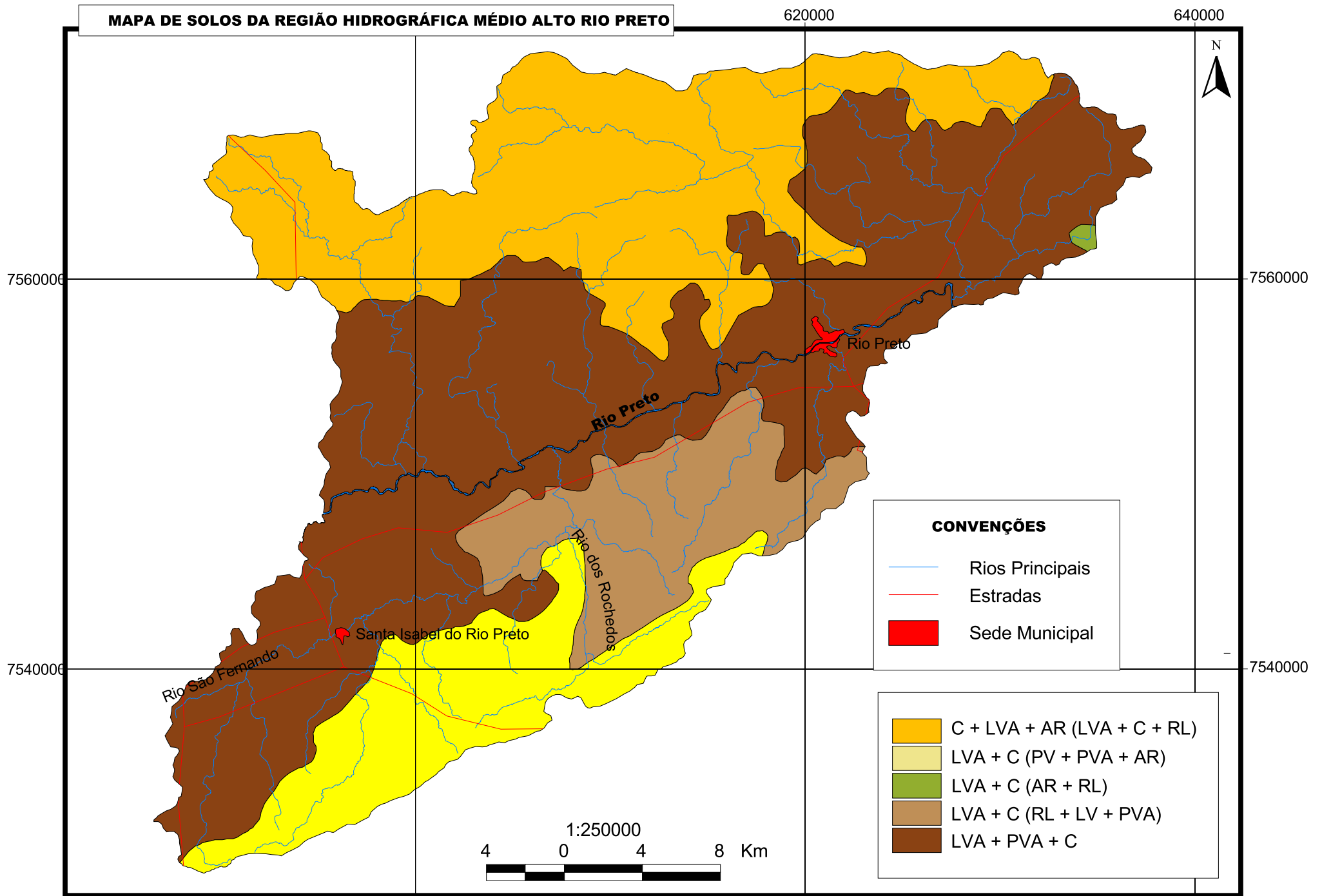


Figura 20: Mapa de solos da região hidrográfica do MARP.

Conforme ilustrado na Figura 21 pode ser observado a caminhada realizada na área para a observação e descrição da paisagem e os pontos marcados representando os seis perfis descritos e coletados para análises de laboratório. Dos 6 perfis trabalhados, dois estão localizados no Complexo Paraíba do Sul (perfis 1 e 5), dois no Complexo Juiz de Fora (perfis 2 e 6) e, dois no Grupo Andrelândia (perfis 3 e 4).

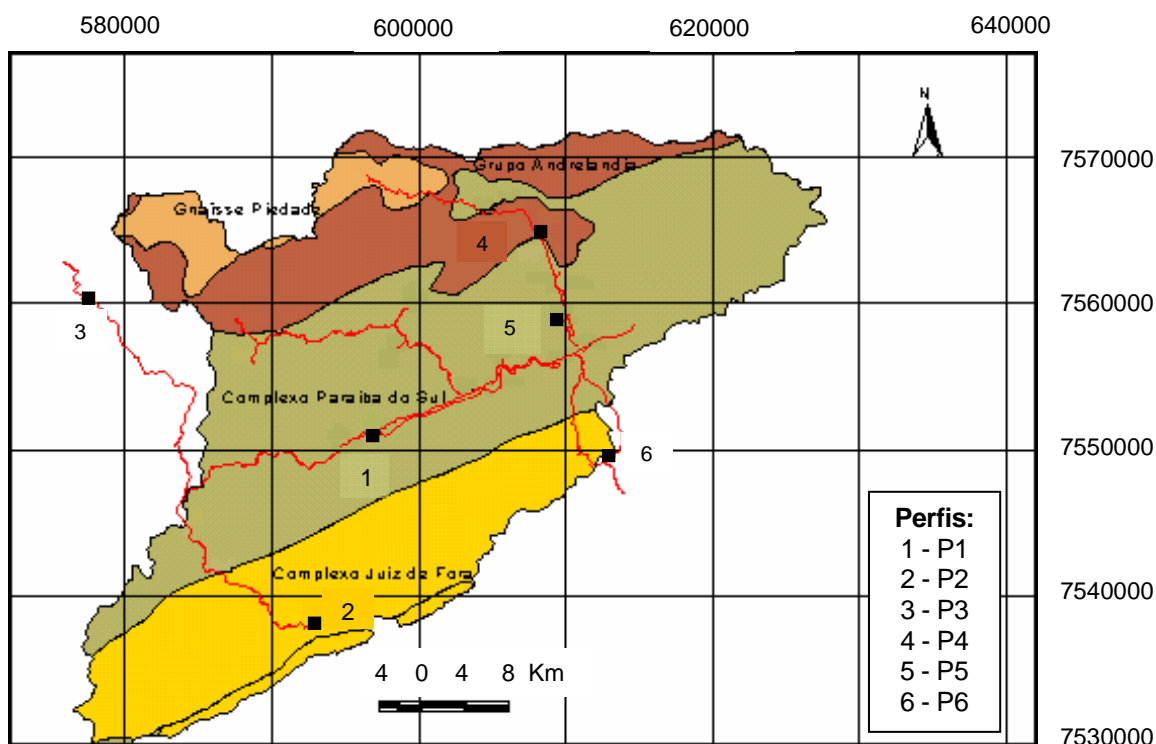


Figura 21: Caminhamento realizado na RH-MARP e pontos representando os perfis descritos e coletados.

À noroeste da RH-MARP ocorre o Gnaíse Piedade em altitudes acima de 900 m, mostrando uma paisagem com relevo mais acidentado, com vales profundos e solos avermelhados. A cobertura vegetal é mais intensa do que nas outras unidades, com presença de florestas mais densas e de maior porte (Figura 22). Esta maior preservação da vegetação natural pode ser justificada pelo difícil acesso do homem a certos locais em função do relevo bastante acidentado, que, neste caso, é um fator benéfico de conservação dos recursos naturais. E também, observada a grande ocorrência de araucárias que deve ser justificada pelas menores temperaturas devido às maiores altitudes.

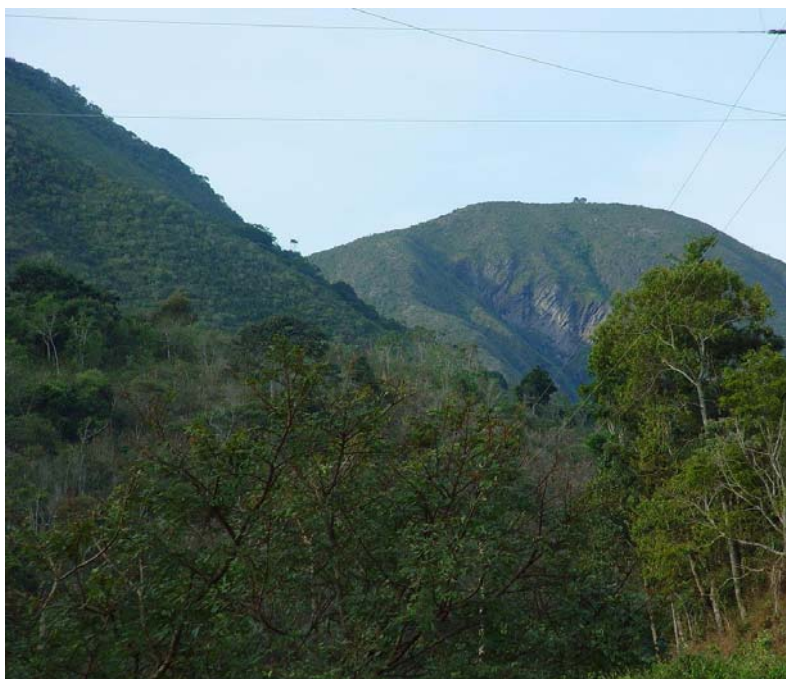


Figura 22: Paisagem na área do Gnaisse Piedade.

Em seguida, tem-se o Grupo Andrelândia mostrando um relevo acidentado com vales profundos em forma de “V” e com grande diferença de nível entre topos de morros e fundos de vales (Figura 23). A cobertura vegetal tem porte baixo e observa-se a ocorrência quase generalizada de samambaias nos locais onde está havendo regeneração da vegetação, fato que comprova a baixa fertilidade natural dos solos. Em vários pontos da paisagem onde o relevo é mais declivoso e a vegetação é mais escassa, pode ser observada a exposição de um material arenoso (quartzito), onde o processo erosivo se instala mais facilmente favorecendo o escoamento superficial que carrega partículas orgânicas e minerais. Nesta unidade geológica foram descritos e coletados dois perfis: Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico Típico na altitude de 930 m (P3) e Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico Câmbico na altitude de 1000 m (P4).

A paisagem de ocorrência no Complexo Paraíba do Sul (Figura 24), que cobre mais da metade da área da RH-MARP, mostra áreas com terraço amplo e topos de morros mais arredondados. É observada a ocorrência quase generalizada de pastagens em franco processo de degradação, quer pelo superpastoreio, quer pela fertilidade extremamente baixa dos solos aliada a um relevo bastante acidentado. Nesta unidade foram descritos e coletados dois perfis de Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico Típico em altitudes de 420 m (P1) e 640 m (P5).



Figura 23: Paisagem do Grupo Andrelândia



Figura 24: Paisagem na área do Complexo Paraíba do Sul.



Figura 25: Paisagem na área do Complexo Juiz de Fora.

No Complexo Juiz de Fora, bem como no Complexo Paraíba do Sul são observados topos de morros mais arredondados (Figura 25). A cobertura vegetal natural é escassa e onde ocorre regeneração, as samambaias dominam o ambiente, denotando a pobreza química dos solos. As pastagens que cobrem praticamente toda a área são bastante degradadas e com instalação de processos erosivos intensos. Nesta unidade foram descritos e coletados dois perfis: Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico Húmico na altitude de 900 m (P2) e Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico Típico na altitude de 690 m (P6).

Em todas as unidades, a cobertura vegetal remanescente é muito pequena, permanecendo onde o relevo montanhoso torna difícil o acesso do homem. A vulnerabilidade à erosão ao longo das íngremes encostas ocupadas por pastagens e por práticas agrícolas inadequadas dão origem a enormes voçorocas, que no período chuvoso ampliam a carga de sedimentos nos rios e, portanto, há ocorrência de cheias, com perdas econômicas e riscos à saúde da população em geral.

#### **4.5.2. Atributos morfológicos, físicos e químicos dos solos estudados**

Com base na descrição e análise dos perfis, os solos foram classificados segundo os critérios adotados pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999), como:

P1 - Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico Típico, localizado a uma altitude de 420 m no Complexo Paraíba do Sul, tem como uso atual as culturas de feijão e pastagens, numa área de terraço com vegetação arbórea escassa localizada apenas no topo do morro;

P2 - Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico Húmico, situado a uma altitude de 900 m no Complexo Juiz de Fora, tem como uso atual a pastagem, localizado próximo a um divisor de águas e mostrando uma vegetação mais densa;

P3 - Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico Típico, localizado a uma altitude de 930 m no Grupo Andrelândia, tendo como uso atual a pastagem com predomínio de sapé e vegetação com maior tamanho e densidade em relação aos outros perfis;

P4 - Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico Câmbico localizado a uma altitude de 1000 m no Grupo Andrelândia, tendo como uso atual a pastagem com predomínio de samambaias e ciperáceas;

P5 - Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico Típico, situado na altitude de 640 m no Complexo Paraíba do Sul, tem como cobertura vegetal uma capoeira de baixas qualidade e densidade;

P6 - Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico Típico, situado a uma altitude de 690 m no Complexo Juiz de Fora, tem como uso atual a pastagem invadida com sapé e vassoura rabo-de-burro e com algum tipo de vegetação arbórea nos topos de morros e ravinas mais pronunciadas.

Todos os perfis apresentam relevo regional de forte ondulado a montanhoso e podem ser observados na figura 26 juntamente com uma visão da paisagem local ao lado.

A descrição morfológica dos perfis estudados (Quadro 8) mostra que a característica de espessura mínima de 50 cm exigida para o horizonte Bw, conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SBCS) da EMBRAPA (1999), é apresentada por 5 dos perfis estudados. Excetua-se o caso do perfil P4 em que o Bw apresenta-se com 51 cm de espessura, mas a soma dos horizontes A + B é menor do que 150 cm, sendo, então classificado como Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico Câmbico.

Em relação às cores predominantes nos solos, de maneira geral, estas variam do matiz 5YR (mais alaranjado) ao 10 YR (mais amarelado), com predominância de 7,5 YR.

O tipo de estrutura variou entre granular e blocos sub-angulares com tamanho muito pequeno a pequeno e com grau de desenvolvimento moderado na estrutura granular e fraco na estrutura em blocos. A consistência variou entre plástica ligeiramente plástica. Tanto as exigências de estrutura quanto as de consistência preenchem os requisitos do SBCS para enquadrar o Horizonte B como latossólico.

Em relação às características físicas, dentre os solos estudados, os perfis P2, P3 e P6 possuem textura argilosa (Quadro 9). Estes solos são originados de rochas magmáticas do Complexo Juiz de Fora (P2 e o P6) e de gnaisses e rochas básicas e ultrabásicas do Grupo Andrelândia (P3), todos materiais pobres em sílica e capazes de originar solos de textura argilosa. O restante dos solos representados pelos perfis P1 e P5, originados de gnaisses e migmatitos intensamente tectonizados do Complexo Paraíba do Sul e, pelo perfil P4 originado de rochas pertencentes ao Grupo Andrelândia, apresentam textura variando desde muito argilosa a franco-argilo-arenosa.

**P1**  
LATOSSOLO VERMELHO  
AMARELO DISTRÓFICO TÍPICO  
Altitude = 420m  
Complexo Paraíba do Sul



**P2**  
LATOSSOLO VERMELHO  
AMARELO DISTRÓFICO  
HÚMICO  
Altitude = 900m  
Complexo Juiz de Fora



**P3**  
LATOSSOLO VERMELHO  
AMARELO DISTRÓFICO TÍPICO  
Altitude = 930m  
Grupo Andrelândia



**P4**  
LATOSSOLO VERMELHO  
AMARELO DISTRÓFICO  
CÂMBICO  
Altitude = 1000m  
Grupo Andrelândia



**P5**  
LATOSSOLO VERMELHO  
AMARELO DISTRÓFICO TÍPICO  
Altitude = 640m  
Complexo Paraíba do Sul



**P6**  
LATOSSOLO VERMELHO  
AMARELO DISTRÓFICO TÍPICO  
Altitude = 690m  
Complexo Juiz de Fora



Figura 26: Perfis estudados e paisagem local.

Quadro 8: Descrição morfológica dos perfis estudados.

Hor	Prof. (cm)	Cor		Estrutura			Consistência			Raízes
		úmido	seco	tipo	tam.	grau	seco	úmi	molh.	
<b>P1 - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO TÍPICO</b>										
A	0-11	10YR 4/4	7,5YR 6/6	gra	m.p./p.	mod.	du.	fri.	l.plast.	m.freq.
AB	11-26	7,5YR 4/6	7,5YR 5/8	bl.s.	m.p./p.	mod.	m.du.	fri.	l.plast.	m.freq.
BA	26-36	7,5YR 5/8	7,5YR 6/8	bl.s.	m.p./p.	mod.	du.	fri.	l.plast.	freq.
Bw	36-88	7,5YR 5/6	7,5YR 6/6	bl.s.	m.p./p.	fr.	du.	fri.	l.plast.	freq.
BC	88-121	7,5YR 5/6	7,5YR 7/8	bl.s.	m.p./p.	fr.	du.	fri.	l.plast.	pou.
C	121+	7,5YR 5/6	7,5YR 6/6	bl.s.	m.p./p.	fr.	l.du.	fri.	l.plast.	m.pou.
<b>P2 - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO HÚMICO</b>										
A	0-30	5YR 3/4	5YR 3/3	gra	m.p./p.	mod.	l.du.	fri.	l.plast.	abu.
A11	30-45	10YR 3/1	10YR 3/4	grã	m.p./p.	mod.	l.du.	fri.	l.plast.	abu.
A12	45-66	5YR 3/3	5YR 3/4	gra	m.p./p.	mod.	l.du.	mfri.	plast.	pou.
AB	66-84	10YR 5/8	10YR 4/6	bl.s.	m.p./p.	mod.	l.du.	fri.	plast.	pou.
BA	84-122	10YR 5/8	10YR 5/8	gra	m.p./p.	mod.	l.du.	fri.	plast.	pou.
Bw1	122-162	7,5YR 5/6	7,5YR 5/8	gra	m.p./p.	mod.	l.du.	fri.	plast.	pou.
Bw2	162+	7,5YR 5/8	7,5YR 6/8	gra	m.p./p.	mod.	l.du.	fri.	plast.	pou.
<b>P3 - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO TÍPICO</b>										
A	0-20	10YR 4/6	10YR 4/2	gra	m.p.	for.	l.du.	fri.	plast.	com.
AB	20-34	7,5YR 5/6	7,5YR 6/6	gra	m.p./p.	mod.	du.	fri.	l.plast.	pou.
Bw1	34-109	7,5YR 5/8	7,5YR 6/8	gra	m.p.	mod.	l.du.	fri.	plast.	pou.
Bw2	109-139	7,5YR 5/8	7,5YR 6/8	gra	m.p.	mod.	l.du.	fri.	plast.	rar.
<b>P4 - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO CÂMBICO</b>										
A	0-18	10YR 3/2	10YR 3/2	gra	m.p.	mod.	l.du.	fri.	l.plast.	mui.
AB	18-40-	7,5YR 5/4	7,5YR 4/4	bl.s.	p.	fra.	l.du.	mfri.	plast.	com.
Bw	40-91	7,5YR 4/6	7,5YR 5/6	bl.s.	p.	fra.	l.du.	mfri.	plast.	pou.
C	91-114	5YR 4/6	5YR 5/6	bl.s.	p.	fra.	du.	mfri.	l.plast.	pou.
<b>P5 - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO TÍPICO</b>										
A	0-14	7,5YR 3/4	7,5YR 4/4	gra	p.	mod.	l.du.	fri.	plast.	mui.
AB	14-40	7,5YR 5/6	7,5YR 6/6	gra	p.	mod.	l.du.	fri.	plast.	com.
Bw1	40-110	7,5YR 4/6	7,5YR 5/8	gra	p.	mod.	l.du.	fri.	plast.	pou.
Bw2	110-150	7,5YR 5/8	7,5YR 6/8	gra	p.	mod.	l.du.	fri.	l.plast.	pou.
<b>P6 - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO TÍPICO</b>										
A	0-25	5YR 4/4	5YR 3/4	gra	p.	for.	du.	mfri.	plast.	mui.
AB	25-88	7,5YR 4/4	7,5YR 4/6	gra	p.	mod.	du.	fri.	plast.	com.
BA	88-106	5YR 5/8	5YR 5/6	gra	m.p.	mod.	l.du.	mfri.	plast.	pou.
Bw1	106-176	5YR 5/6	5YR 5/8	gra	m.p.	mod.	l.du.	fri.	plast.	rar.
Bw2	176-206	5YR 5/8	5YR 6/8	gra	m.p.	mod.	l.du.	fri.	plast.	rar.

**Estrutura-** Tipo: gra=granular, bl.s.=blocos subangulares; Tamanho: p.=pequeno, m.p.=muito pequeno; Grau: fra=fraco, mod=moderado, for=forte.

**Consistência-** Seca: l.du=ligeiramente duro, du=duro, m.du=muito duro; Úmida: fri=friável, mfri=muito friável; Molhada: plast.=plástico, l.plast.= ligeiramente plástico.

**Raízes:** abu= abundantes, mui= muitas, com= comuns, pou= poucas, rar= raras.

Quadro 9: Algumas características físicas dos perfis descritos.

Horiz	Prof. (cm)	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	ADA	Textura	Silte/Argila
		-----%-----						
P1 - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO TÍPICO								
A	0-11	6	5	34	55	31	argila	0,62
AB	11-26	3	3	26	68	23	m.arg.	0,38
BA	26-36	2	2	23	73	1	m.arg.	0,32
Bw	36-88	0	1	40	59	1	arg.silt.	0,68
BC	88-121	1	1	40	58	1	arg.silt.	0,68
C	121+	0	1	44	55	1	arg.silt	0,80
P2 - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO HÚMICO								
A	0-30	17	11	17	55	11	argila	0,31
A11	30-45	18	12	17	53	9	argila	0,32
A12	45-66	20	13	14	53	25	argila	0,26
AB	66-84	18	13	11	58	30	argila	0,19
BA	84-122	18	14	12	56	1	argila	0,21
Bw1	122-162	14	12	21	53	1	argila	0,40
Bw2	162+	11	10	28	51	1	fr.arg.	0,55
P3 - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO TÍPICO								
A	0-20	36	14	10	40	5	arg.ar.	0,25
AB	20-34	29	12	12	47	11	argila	0,26
Bw1	34-109	28	15	9	48	4	argila	0,19
Bw2	109-139	26	13	6	55	1	argila	0,11
P4 - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO CÂMBICO								
A	0-18	62	5	7	26	5	fr.arg.ar.	0,27
AB	18-40-	51	6	11	32	14	fr.arg.ar.	0,34
Bw	40-91	42	3	12	43	22	argila	0,28
C	91-114	22	8	27	43	1	argila	0,63
P5 - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO TÍPICO								
A	0-14	57	9	10	24	8	fr.arg.ar.	0,42
AB	14-40	38	11	14	37	17	arg.ar.	0,38
Bw1	40-110	25	9	15	51	1	argila	0,29
Bw2	110-150	29	10	11	50	1	argila	0,22
P6 - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO TÍPICO								
A	0-25	20	17	1	62	6	m.arg.	0,02
AB	25-88	17	16	10	57	13	argila	0,18
BA	88-106	15	17	9	59	1	argila	0,15
Bw1	106-176	17	16	2	65	1	m.arg.	0,03
Bw2	176-206	17	16	12	55	1	argila	0,22

ADA=argila dispersa em água; fr.arg.=franco-argiloso; argila=argiloso; m.arg.=muito argiloso; arg.silt.=argilo-siltoso; fr.arg.ar=franco-argilo-arenoso; arg.ar=argilo-arenoso

Os valores da relação silte/argila (Quadro 9), em todos os horizontes Bw, são inferiores ao limite máximo de 0,7 para o B latossólico, proposto pela EMBRAPA (1999), o que comprova a identificação deste tipo de horizonte diagnóstico e, conseqüentemente, a classificação dos solos na referida classe.

Em relação às características químicas (Quadro 10), os valores de pH em água evidenciam que todos os solos apresentam reação ácida e distrofia, mesmo aqueles sob uso agrícola como os perfis P1, com uso atual para pastagem e feijão; e os perfis P2 e P3 com predomínio de pastagens. Tal fato comprova, essencialmente, a exploração de pastagens naturais sem a preocupação com o fator fertilidade e com o uso do solo e da gramínea até a sua exaustão, com a conseqüente degradação da cultura e do ambiente que a cerca.

A saturação por alumínio (índice m) apresenta-se com valores bastante altos, principalmente nos horizontes A e AB do perfil P2 e, em todos os horizontes dos perfis P4 e P5, denotando caráter álico, com valor de m bem maior do que 50%, variando de 67 a 83%. O perfil P2 possui um teor médio de carbono orgânico (CO) de 2,72% e teor médio de  $Al^{3+}$  de  $1,90 \text{ cmol}_e/\text{dm}^3$ , no horizonte A, sendo por isto, considerado como horizonte A húmico e, está localizado a uma altitude de 900 m. O perfil P4 apresenta os maiores valores de m em relação aos outros perfis, com teor de CO de 2,77% e de  $Al^{3+}$  de  $2,40 \text{ cmol}_e/\text{dm}^3$ , no horizonte A, estando localizado a uma altitude de 1000 m. E, o perfil P5 localizado na menor altitude dos três perfis (P2, P4 e P5), 640 m, apresenta o menor valor de m (73,30%) e os menores teores de CO (2,14%) e de  $Al^{3+}$  ( $1,40 \text{ cmol}_e/\text{dm}^3$ ) no horizonte A. Este alto valor de m pode ser explicado pelo maior acúmulo de matéria orgânica em função das menores temperaturas (maior altitude, exceto P5) e do distrofismo dos solos, causando a redução da atividade microbiana. Com isto, ocorre um acúmulo deste material orgânico que tem capacidade de formação de complexos com o  $Al^{3+}$ , evitando que este elemento seja lixiviado ao longo do perfil.

De acordo com as classes de interpretação existentes no trabalho de RIBEIRO et al. (1999), o fósforo e o potássio disponíveis apresentam-se com valores variando de baixo a muito baixo em todos os perfis estudados, bem como os valores de cálcio e magnésio, conforme comentado anteriormente denotando a distrofia dos solos, até mesmo daqueles sob uso agrícola.

Quadro 10: Algumas características químicas dos perfis descritos.

Hor	pH água	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	t	T	m	V	MO	P
-----cmol/dm <sup>3</sup> -----										-----%-----		mg/dm <sup>3</sup>	
P1 - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO TÍPICO													
Ap	5,03	1,48	1,20	56	0,60	7,30	2,82	3,42	10,12	17,50	27,90	4,30	3,50
AB	4,71	0,61	0,50	20	1,40	3,00	1,16	2,56	4,16	54,70	27,90	2,75	0,90
BA	4,68	0,49	0,32	6	0,80	4,90	0,83	1,63	5,73	49,10	14,50	3,29	0,40
Bw	4,73	0,47	0,22	4	0,60	4,60	0,70	1,30	5,30	46,20	13,20	3,16	0,60
BC	4,80	0,36	0,21	4	0,40	3,30	0,58	0,98	3,88	40,80	14,90	2,62	1,00
C	4,77	0,35	0,21	2	0,40	4,00	0,57	0,97	4,57	41,20	12,50	2,89	0,90
P2 - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO HÚMICO													
A	4,33	0,33	0,17	4	2,00	11,90	0,51	2,51	12,41	79,70	4,10	4,63	0,30
A11	4,34	0,31	0,15	2	1,60	13,50	0,47	2,07	13,97	77,30	3,40	4,84	0,60
A12	4,33	0,32	0,14	0	2,00	11,90	0,46	2,46	12,36	81,30	3,70	4,63	1,00
AB	4,47	0,25	0,14	0	1,20	6,90	0,39	1,59	7,29	75,50	5,30	3,76	0,50
BA	4,82	0,28	0,15	0	0,20	4,90	0,43	0,63	5,33	31,70	8,10	3,16	1,40
Bw <sub>1</sub>	5,28	0,38	0,19	0	0,00	4,00	0,57	0,57	4,57	0,00	12,50	2,89	1,70
Bw <sub>2</sub>	5,41	0,64	0,23	0	0,00	3,30	0,87	0,87	4,17	0,00	20,90	2,75	1,50
P3 - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO TÍPICO													
A	4,58	0,56	0,31	30	0,80	11,60	0,95	1,75	12,55	45,70	7,60	4,70	0,60
AB	4,70	0,30	0,22	12	0,60	3,60	0,55	1,15	4,15	52,20	13,30	2,82	0,10
Bw <sub>1</sub>	4,76	0,25	0,18	2	0,20	6,60	0,44	0,64	7,04	31,30	6,30	3,69	0,20
Bw <sub>2</sub>	5,25	0,22	0,15	0	0,00	3,30	0,37	0,37	3,67	0,00	10,10	2,55	0,20
P4 - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO CÂMBICO													
A	4,27	0,27	0,18	16	2,40	12,90	0,49	2,89	13,39	83,00	13,70	4,77	1,30
AB	4,39	0,24	0,17	8	1,40	9,20	0,43	1,83	9,63	76,50	4,50	4,23	0,60
Bw	4,54	0,21	0,16	6	0,80	5,90	0,39	1,19	9,29	67,20	6,20	3,49	0,50
C	4,60	0,20	0,13	0	0,80	4,00	0,33	1,13	4,33	70,80	7,60	2,82	1,60
P5 - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO TÍPICO													
A	4,45	0,26	0,18	28	1,40	6,60	0,51	1,91	7,11	73,30	7,20	3,69	1,10
AB	4,48	0,21	0,16	8	1,20	5,60	0,39	1,59	5,99	75,50	6,50	3,36	0,60
Bw <sub>1</sub>	4,54	0,20	0,14	2	1,00	4,60	0,35	1,35	4,95	74,10	7,10	3,09	0,70
Bw <sub>2</sub>	4,77	0,27	0,14	0	0,40	3,30	0,41	0,81	3,71	49,40	11,10	2,55	1,20
P6 - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO TÍPICO													
A	4,62	0,71	0,27	22	1,00	9,90	1,04	2,04	10,94	49,00	9,50	4,43	1,00
AB	4,51	0,35	0,16	8	1,00	8,30	0,53	1,53	8,83	65,40	6,00	4,10	0,90
BA	4,73	0,27	0,15	0	0,40	4,30	0,42	0,82	4,72	48,80	8,90	2,96	0,60
Bw <sub>1</sub>	4,89	0,30	0,15	0	0,20	3,30	0,45	0,65	3,75	30,80	12,00	2,55	1,70
Bw <sub>2</sub>	5,29	0,28	0,14	0	0,00	3,00	0,42	0,42	3,42	0,00	12,30	2,42	1,50

SB=soma de bases; t=CTC efetiva; T=CTC total; m=saturação de alumínio; V=saturação de bases; MO=matéria orgânica.

Quadro 11: Teores de SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e TiO<sub>2</sub>, obtidos pelo ataque sulfúrico na TFSA e relações Ki e Kr dos perfis descritos.

Hor	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Ki	Kr
-----dag Kg <sup>-1</sup> -----						
P1 – LATOSSOLO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO TÍPICO						
O	21,87	24,86	11,01	1,06	1,50	1,17
AB	21,30	24,15	11,30	1,10	1,50	1,15
BA	25,40	25,37	11,51	1,22	1,70	1,32
Bw	22,09	23,95	11,08	1,25	1,57	1,21
BC	23,41	23,56	12,16	1,20	1,69	1,27
C	21,42	20,89	12,01	1,14	1,74	1,28
P2 – LATOSSOLO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO HÚMICO						
A	17,98	22,23	11,87	1,10	1,37	1,03
A11	18,71	22,14	11,87	1,06	1,44	1,07
A12	17,98	24,19	11,80	1,14	1,26	0,96
AB	18,85	20,29	11,87	1,18	1,58	1,15
BA	17,26	19,86	11,30	1,16	1,48	1,08
Bw <sub>1</sub>	18,54	19,38	11,08	1,16	1,63	1,19
Bw <sub>2</sub>	19,81	19,49	13,23	1,49	1,73	1,21
P3 – LATOSSOLO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO TÍPICO						
A	14,48	21,74	13,30	1,44	1,13	0,81
AB	14,08	22,11	13,44	1,51	1,08	0,78
Bw <sub>1</sub>	15,82	21,83	13,44	1,48	1,23	0,88
Bw <sub>2</sub>	15,01	22,40	13,23	1,64	1,14	0,83
P4 – LATOSSOLO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO CÂMBICO						
A	15,81	22,68	12,87	1,64	1,19	0,87
AB	15,93	22,68	13,87	1,54	1,07	0,79
Bw	15,98	22,68	12,80	1,47	1,20	0,88
C	20,90	22,68	13,66	1,57	1,47	1,08
P5 – LATOSSOLO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO TÍPICO						
A	21,83	24,38	13,51	1,58	1,52	1,12
AB	21,35	25,30	15,87	1,81	1,43	1,02
Bw <sub>1</sub>	22,19	25,42	16,02	1,91	1,48	1,06
Bw <sub>2</sub>	22,01	25,52	16,16	2,08	1,47	1,04
P6 - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO TÍPICO						
A	17,57	21,81	12,45	2,00	1,37	1,00
AB	17,35	21,37	11,94	0,97	1,38	1,02
BA	17,44	21,85	11,08	0,96	1,36	1,03
Bw <sub>1</sub>	18,39	20,53	10,94	1,14	1,52	1,14
Bw <sub>2</sub>	18,50	21,05	11,30	1,20	1,49	1,11

Os resultados do ataque sulfúrico (Quadro 11) mostram que, segundo EMBRAPA (1999), o percentual de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  é considerado médio (entre 8 a 18%, os solos são mesoférricos) levando os perfis a serem classificados como distróficos no 3º nível categórico, em função da baixa saturação por bases do complexo sortivo (Quadro 5). Apesar da variação no material de origem, sendo os perfis: P1 e P5 pertencentes ao Complexo Paraíba do Sul; P2 e P6 pertencentes ao Complexo Juiz de Fora e, P3 e P4 pertencentes ao Grupo Andrelândia, não houve grande variação no teor de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , situando-se entre 11 a 16%. Os maiores percentuais de  $\text{SiO}_2$  e de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  foram encontrados nos perfis P1 e P5, ambos situados dentro da unidade geológica Complexo Paraíba do Sul. Os valores dos índices  $K_i$  em todos os horizontes Bw são inferiores ao limite superior de 2,2 para a caracterização de B latossólico proposto pela EMBRAPA (1999). O índice  $K_r$ , em todos os horizontes, apresentou valores maiores que 0,75, o que, segundo a citação acima, mostra a natureza mais caulínica destes solos. Ainda, segundo RESENDE e SANTANA (1988), quando os valores de  $K_i$  e  $K_r$  são superiores a 0,75, há predomínio de caulinita. O percentual de  $\text{TiO}_2$  está dentro da faixa considerada normal para solo originados de rochas graníticas e gnáissicas.

## 5. RESUMO E CONCLUSÕES

Dentro do contexto de manejo integrado de bacias hidrográficas esse trabalho tem por objetivo a realização de estudos do meio físico na Bacia Hidrográfica do Rio Preto, buscando o estabelecimento das relações dos solos com os demais componentes dos meios natural e antrópico, de modo a dar suporte de uso e manejo adequados às condições locais. É dada ênfase à região hidrográfica do Médio Alto Rio Preto por se tratar de uma área mais intensivamente utilizada na exploração agropecuária e, conseqüentemente com maiores problemas de degradação dos recursos naturais: solo, água e vegetação. Para tal, foi realizada a caracterização dos solos, da geologia e da vegetação a partir da base de dados do projeto RADAMBRASIL e, do relevo e hidrografia a partir de cartas topográficas pertencentes à base de dados do IBGE, utilizando-se os programas ArcInfo e ArcView do ESRI, criando-se classes para cada tema e calculando-se as áreas de acordo com a legenda dos mapas. De posse dos mapas temáticos, foi realizado o trabalho de campo somente na Região Hidrográfica do Médio Alto Rio Preto, que consistiu na observação e descrição da área em função do manejo e do estado de conservação da paisagem e, na descrição de 6 perfis e coleta de amostras de solos para análises físicas e químicas. Com uma área de 3.434,57 Km<sup>2</sup>, a BHRP está dividida em 6 regiões hidrográficas, permitindo a observação de uma grande variedade de ambientes, incluindo desde áreas de preservação ambiental como o Parque Nacional do Itatiaia com altitudes variando de 800 a 2787 m, até áreas extensamente antropizadas e ocupadas por pastagens degradadas em altitudes de até 300 m. Em relação ao relevo, em 73% da área este se apresenta como

forte ondulado e montanhoso e, em 27% como ondulado, suave ondulado e plano. A cobertura pedológica predominante é representada por Latossolos Vermelho Amarelos, Cambissolos e Neossolos Litólicos, com manchas menores de Cambissolo Húmico na área do Parque Nacional do Itatiaia e de Argissolos próximo ao Rio das Flores. A geologia é representada pelos Complexos Paraíba do Sul e Juiz de Fora em 87% da área, pelo Grupo Andrelândia (9%) e, em menores proporções estão o Gnaisse Piedade, a Suíte Intrusiva Três Córregos e as Rochas Intrusivas Alcalinas. O cruzamento das características do relevo, da geologia e dos solos permitiu a separação de 4 unidades geoambientais na bacia: Maciço Montanhoso do Itatiaia/Alto Rio Preto, Planalto Soerguido do Alto Rio Preto, Maciço Montanhoso em Rochas Metassedimentares Proterozóicas e Planalto Deprimido do Médio Baixo Rio Preto. Em relação aos 6 perfis descritos e coletados, todos os solos foram classificados como Latossolos Vermelho Amarelos Distróficos, com textura variando desde muito argilosa e franco-argilo-arenosa, apresentando reação ácida e distrofia e com índices Ki e Kr superiores a 0,75, denotando a natureza caulinitica destes solos.

Os resultados apresentados e discutidos permitiram estabelecer as seguintes conclusões:

- Os principais fatores limitantes do uso dos solos da BHRP, para fins agrícolas e pecuários, estão relacionados à baixa fertilidade, aliado ao relevo fortemente ondulado a montanhoso;
- Esta combinação resulta em solos com recomendação restrita para a maior parte das culturas e, para as pastagens, os solos apresentam restrições topográficas e um alto risco de erosão;
- Os sucessivos ciclos de ocupação, aliados à natureza dos solos e aos processos edáficos que ocorrem na área, são os responsáveis pela degradação das terras e a baixa aptidão agrícola. Estas restrições de natureza pedológica afetam todas as atividades agropecuárias diretamente, devido aos custos de produção aumentados em consequência das aplicações de adubos e corretivos necessários para viabilizar uma exploração agrícola rentável;
- As áreas com potencial para pastagens, com moderada a alta exigência por fertilizantes e corretivos, apresentam limitações muito fortes quanto ao controle da erosão e a aplicação de práticas corretivas e, eventualmente,

podem, não apresentar viabilidade técnica e econômica. As áreas com pastagens são as mais propícias à degradação, favorecendo a erosão e conseqüentemente o assoreamento de rios, canais e lagoas e, freqüentemente, o entulhamento de partes baixas por detritos e solo provenientes das encostas erodidas;

- São, em geral, pastos de má qualidade, com pouca capacidade de sustentação e de baixo rendimento. Uma parte destas áreas para pastagens se presta ao cultivo de lavouras perenes ou anuais, principalmente aquelas em relevo plano ou suave ondulado;
- Áreas totalmente inaptas a atividades agropecuárias ou florestais, compreendendo os afloramentos de rochas, solos muito rasos e pedregosos e solos com gradiente textural, em relevos acidentados, constituem-se como áreas ideais para proteção de espécies vegetais e animais associadas às áreas de preservação ambiental. Assim, ressalta-se a importância da cobertura vegetal como recurso ecológico e preservacionista da área;
- Devido às fragilidades do solo regional, exaurido por ciclos sucessivos de atividade agropecuária predatória e a ausência de recursos minerais expressivos, os valores mais elevados de potencial natural ocorrem justamente onde a cobertura florestal está mais preservada;
- A área, como um todo, mostra nítida vocação para atividades de recuperação e conservação, como planejamento ambiental, proteção dos cursos d'água e reflorestamento;
- A agropecuária necessita de inovações tecnológicas, associadas a soluções ecológicas para reduzir o impacto ambiental em uma região já bastante afetada pela degradação do ambiente.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SABER, A.N. Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos do Brasil. **Geomorfologia**, São Paulo, (20):26p. 1970.
- ÁGLIO, D.M.; CARVALHO JR., W.; OLIVEIRA, R.P. Modelagem topográfica de declividade para classificação de solos: uma comparação metodológica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. 26., 1997, Rio de Janeiro. **Anais...**Rio de Janeiro: SBCS, 1997. CD-ROM.
- ANDRADE, H.; ALVES, H.M.R.; VIEIRA, T.G.C. Diagnóstico ambiental do município de Lavras com base em dados do meio físico: III – Estratificação em classes de declive. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA. 27., 1998, Poços de Caldas-MG. **Anais...**Lavras: UFLA/SBEA, 1998. v.4, p.356-357.
- ARNOLD, R.W. Concepts of soils and pedology. **Elsevier Science Publication**, New York, v.1, n.2, p.21, 1983.
- ASSAD, M.L.L.. Sistema de informações geográficas na avaliação da aptidão agrícola de terras. In: ASSAD, E.D.; SANO, E.E. **Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura**. Brasília: EMBRAPA-CPAC, 1993.
- ASSAD, M.L.L. Sistemas de informações geográficas na determinação da aptidão agrícola das terras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, n.1, p.133-139, 1995.
- BARUQUI, F.M. Inter-relações solo-pastagens nas Regiões Mata e Rio Doce do Estado de Minas Gerais. Viçosa, UFV, 1982. 119p (tese M S).
- BARUQUI, F.M., RESENDE, M., FIGUEIREDO, M.S. Causas da degradação e possibilidades de recuperação de pastagens em Minas Gerais (Zona da Mata e Rio Doce). **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.11, n.128, p.27-37, setembro, 1985.
- BATJES, N.H. Total carbon and nitrogen in the soils of the world. **European Journal of Soil Science**. 47:151-163, 1996.
- BIE, C.A.; BEEK, K.J.; DRIESSEN, P.M.; ZINCK, J.A. Em direção a operacionalização das informações dos solos para um manejo sustentável das terras. In: ALVAREZ V., V.H.; FONTES, L.E.F.; FONTES, M.P.F. **O solo**

- nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil.** Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996, 335-352.
- CÂMARA, G., MEDEIROS, J.S. Princípios básicos em geoprocessamento. In: ASSAD, E.D., SANO, E.E. **Sistemas de Informações Geográficas.** 2.ed. Brasília: ENBRAPA – SPI/CPAC, 1998, p.3-11.
- CASTRO, E.M.N.V.C. **Vale do Rio Preto: Recursos e necessidades.** Valença: CEPA, 1992. 47p.
- CARMO, D.N., CURI, N., RESENDE, M. Caracterização de latossolos da região do Alto Paranaíba (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.8, n.2, p.235-240, 1984.
- CEBALLOS, A.; SCHNABEL, S. Hydrological behaviour of a small catchment in the dehesa landuse system (Extremadura, SW Spain). **Journal of Hydrology**, v.210, p.146-160, 1998.
- CEIVAP – Comitê para integração da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul. **Bacia do Paraíba do Sul – Livro da Bacia.** Brasília: CEIVAP, 2001. 68p.
- CURI, N., LIMA, J.M., ANDRADE, H. Geomorfologia, física, química e mineralogia dos principais solos da região de Lavras (MG). **Ciência e Prática**, Lavras, v.14, n.32, p.297-307, 1990.
- DEFELIPO, B.V., RIBEIRO, A. C. **Análise química do solo.** Viçosa, MG: UFV, 1981. (Boletim de extensão, 19).
- EMBRAPA - – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. **Manual de métodos de análise do solo.** Ministério da Agricultura, 1997.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Brasília: 1999. 412p.
- ESRI. ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. ARC/INFO v.7.1.1. **Help on line.** Redlands, Califórnia: ESRI,1997.
- EUCLYDES, H.P. et al. Regionalização de vazão máxima, mínima e média de longo período e da curva de permanência para a bacia do Alto e Médio São Francisco. In: **Tecnologia para elaboração de projetos hidroagrícolas em bacias hidrográficas.** Viçosa: UFV- RURALMINAS, 2002.142p. (Boletim Técnico, n. 6).
- FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Water and sustainable agricultural development.** Rome: FAO, 1990. 48p.
- FERNANDES, D.C.M., CÂMARA, A, G., MEDEIROS, J.S. Princípios básicos em geoprocessamento. In: ASSAD, E.D.; SANO, E.E. **Sistema de Informações Geográficas.** 2 ed. Brasília: EMBRAPA – SPI/CPAC, 1997.
- FERREIRA, C.C.M. **Zoneamento agroclimático para implantação de sistemas agroflorestais com eucaliptos, em Minas Gerais.** Viçosa: UFV. 158p. 1997.
- FRANÇA, G.V. Interpretação fotográfica de bacias e de redes de drenagem de 3 séries de solos da Fazenda Ipanema, município de Araçoiaba da Serra (SP). Piracicaba, ESALQ, 1968. 150p. (Tese de Doutorado).
- FREITAS, P.L., KER, J.C. As pesquisas em microbacias hidrográficas: situação atual, entraves e perspectivas no Brasil. In: CASTRO FILHO, C., MUZILLI, O. (Eds.) **Manejo integrado de solos em microbacias hidrográficas.** Londrina: IAPAR, 1996. p.43-57.

- GARBRECHT, J., MARTZ, L.W. Digital elevation models issues in water resources modelling. In: **Annual Esri Users Conference**, 1999, Califórnia. Proceedings... California: ESRI, 1999 (www.esri.com).
- GUERRA, A.J.T. e CUNHA, S.B. **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 1996, 372p.
- LEITE, F.R.B.; OLIVEIRA, S.B.P. Aptidão agrícola das terras da Folha SB.24-Z-A IV-3 – Ipaumirim utilizando sistema de informações geográficas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. 26., 1997, Rio de Janeiro. **Anais...**Rio de Janeiro: SBCS, 1997. CD-ROM.
- LEMONS, R.C.; SANTOS, R.D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. 84p.
- LEPSCH, I.F., BUOL, S.W. Investigation in an Oxisol-Ultisol topossequence in São Paulo State, Brazil. **Soil Science Society America Proceedings**, Madison, v.38, n.3, p.491-496, 1975.
- MENDES, C.A.B. Planejamento nacional de recursos hídricos baseado no uso de técnicas de geoprocessamento. Porto Alegre: [s.n.]. 9p. 1997.
- NACIF, P.G.S. Bacia hidrográfica e o meio ambiente. Ilhéus, UESC. 1994. 10p.
- PALMIERI, F., LARACH, J.O.I. Pedologia e Geomorfologia. In: GUERRA, A.J.T., BATISTA, S.C. **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Beltrand Brasil. 1996. P.59-122.
- PEREIRA, N.R.; SCHUBACK, P. A.; CARVALHO JUNIOR, W. O uso das técnicas de geoprocessamento na detecção de áreas de incompatibilidade de uso, com base na aptidão agrícola das terras e o uso atual: estudo aplicado no município de Engenheiro Paulo de Frontim-RJ. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 9.,1998, Santos. **Anais...**Santos: INPE, 1998. CD-ROM.
- PINHEIRO, N.L. Meio ambiente e desenvolvimento sustentável. In: TALK-TORNISIELO, S.M. et al. **Análise ambiental**. 1995, 18-27.
- PINTO, S.A.F.; VALÉRIO FILHO, M.; GARCIA, G.J. Utilização de imagens TM/Landsat na análise comparativa entre dados de uso da terra e aptidão agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.13, n.19, p.101-110, 1989.
- RADAMBRASIL. **Levantamento de recursos naturais**. Folha SF23/24. Rio de Janeiro/Vitória: IBGE, 1983.
- RAY, R.G. **Fotografias aéreas na interpretação e mapeamento de solos**. São Paulo, Instituto Geográfico e Geológico, 1963. 163p.
- RESENDE, M. Aplicações de conhecimentos pedológicos à conservação de solos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, 11 (128): 3-18, 1985.
- RESENDE, M., CURI, N., REZENDE, S.B., CORRÊA, G.F. Pedologia: base para a distinção de ambientes. Viçosa, NEPUT, 2002. 338p.
- RESENDE, M., SANTANA, D.P. Uso das relações Ki e Kr na estimativa da mineralogia para a classificação dos Latossolos. In: REUNIÃO DE CLASSIFICAÇÃO, CORRELAÇÃO DE SOLOS E INTERPRETAÇÃO DE APTIDÃO AGRÍCOLA,3, 1988, Rio de Janeiro, **Anais...** Rio de Janeiro: 1988. EMBRAPA – SNLCS, SBCS, 1988. p.225-232.
- REZENDE, S.B.; RESENDE, M. Solos dos Mares de Morros: ocupação e uso. In: ALVAREZ V., V.H.; FONTES, L.E.F.; FONTES, M.P.F. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa, MG: SBCS; UFV,DPS,1996. p.261-288.

- RICCOMINI, C.; GIANNINI, P.C.F; MANZINI, F. Rios e processos aluviais. In: TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M.C.M.; FAIRCHILD, T.R.; TAIOLI, F. **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos. 2000. 191-214.
- ROCHA, J.S.M. Manual do manejo integrado de bacias hidrográficas. Santa Maria, Ed. UFSM, 1991, 181p.
- RODRIGUES, M. Introdução ao geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 8., 1995, São Paulo. **Anais...** São Paulo:USP, 1990. PINHEIRO, N.L. Meio ambiente e desenvolvimento sustentável. In: TALK-TORNISIELO, S.M. et al. **Análise ambiental**. 1995, 18-27.
- ROSTAGNO, L.S.C. Caracterização de uma paisagem na área de influência do reservatório da Usina Hidrelétrica do Funil, Ijaci – MG. Lavras: UFLA, 1999. 66p. (Dissertação de Mestrado).
- SCHAEFER, C.E.G.R., ALBUQUERQUE, M.A., CHARMELO, L.C.L., CAMPOS, J.C.F., SIMAS, F.N.B. **Elementos da paisagem e a gestão da qualidade ambiental**. Informe Agropecuário, v.21, jan./fev. 2000.
- SILVA, F.R.R. **Zoneamento agroecológico do Nordeste: diagnóstico do quadro natural e grossocioeconômico**. Petrolina (Recife: EMBRAPA/CPATSA e CNPS, v.1, 1993. 89p.
- SILVA, L.C.F. Fotointerpretação de redes de drenagem e caracterização do relevo e dos solos do município de São Pedro-SP. Piracicaba: ESALQ-USP, 1993a. 125p. (Tese de Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).
- SILVA, M.C. A experiência em Santa Catarina no manejo de microbacias hidrográficas. In: ALVAREZ V., V.H.; FONTES, L.E.F.; FONTES, M.P.F. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996, 772-779.
- SILVA, C.E.M. Sustentabilidade ambiental e gestão do uso da terra: uma abordagem voltada aos assentamentos de reforma agrária. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.21, jan./fev, 2000.
- SIMAS, F.N.B. **Pedogênese e geoambientes na Serra Verde, parte da Mantiqueira Mineira: Atributos físicos, químicos, mineralógicos e micromorfológicos**. Viçosa: UFV, 2002. 78p. (Dissertação de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- SOARES, J.V. **Curso de introdução à hidrologia florestal**. São José dos Campos-SP: INPE. 2000. 78p.
- TERAMOTO, E.R. **Relações solo, substrato geológico e superfícies geomórficas na microbacia do Ribeirão Marins (Piracicaba, SP)**. Piracicaba: ESALQ-USP, 1995. 93p. (Dissertação de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- THIERFELDER, T. **The morphology of landscape elements as predictors of water quality in glacial/boreal lakes**. V.27, p.189-203,1998.
- VALÉRIO FILHO, M.; DONZELI, P.L.; PINTO, S.A.F. Monitoramento da dinâmica do uso agrícola e vegetação natural em microbacias hidrográficas através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. 26., 1997, Rio de Janeiro. **Anais...**Rio de Janeiro: SBCS, 1997. CD-ROM.
- VIEIRA, T.G.C. Fotointerpretação de atributos de drenagem e relevo na diferenciação de solos do município de Lavras – MG. Lavras: ESAL, 1991. 76p. (Tese de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).

- VILLELA, S.M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: Mcgraw Hill, 1975. 250p.
- WANG, X.; YIN, Z.Y. A comparison of drainage networks derived from digital elevation models at two scales. **Journal of Hidrology**, v.210, p.221-241, 1998.