

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
O SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE SÃO PAULO**

**GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE
COORDENADORIA DE PLANEJAMENTO AMBIENTAL**

**PREFEITURA MUNICIPAL DE JUNDIAÍ
DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ESGOTOS**

PHL
014212
2007



PROGRAMA INFORMAÇÕES PARA GESTÃO TERRITORIAL - GATE

PROJETO GERENCIAMENTO DA BACIA DO RIO JUNDIAÍ-MIRIM

RELATÓRIO DA ETAPA I - IMPLANTAÇÃO

Ruy Edy Iglesias da Silveira

PROJETO GERENCIAMENTO DA BACIA DO RIO JUNDIAÍ-MIRIM



RELATÓRIO DA ETAPA - I IMPLANTAÇÃO



SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE



CPRM

O Serviço Geológico do Brasil

EQUIPE TÉCNICA

Organização, Coordenação e Execução:	Ruy Edy I. Silveira
Coordenação da SMA:	Pilar Martin Pi Lopez Maria Lucia Ohi Adriana Matrangolo Cristiane Delgado
Colaboradores do DAE:	Maria Auxiliadora Pedro Dib
Colaboradores da CPRM:	NUGEP - Ruy Edy I. Silveira Lauro Gracindo Pizzatto João Bosco de Azevedo Marina das G. Perin José da Costa Pinto GEREHI - José Lucio F. Pimenta José Inácio da Silva Natal de Jesus Pinto Antonio Machado Neto DEHID - Frederico Claudio Peixinho
Programa GATE - Coordenação:	Helion França Moreira
Editoração Eletrônica:	Lauro Gracindo Pizzatto
Copidescagem e Revisão:	Sueli Cardoso de Araújo

Coordenação editorial do

Serviço de Edição Regional - SER/SP, da
Diretoria de Geologia e Recursos Hídricos
Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM

Foto da Capa: Cidade de Jundiaí e Bacia do rio Jundiaí-Mirim - Imagem do Satélite Landsat TM
Composição falsa cor das bandas 3-4-5.

Silveira, Ruy Edy Iglesias da
Projeto Gerenciamento da Bacia do Rio Jundiaí-Mirim. Relatório da Etapa I
- Implantação. São Paulo: CPRM/SMA/DAE, 1995.

39 p. : il. (Programa Informações para Gestão Territorial)

1. Sensoriamento Remoto. 2. Geoprocessamento. I. Companhia de
Pesquisa de Recursos Minerais

CDD 621.381958

APRESENTAÇÃO

A Superintendência Regional de São Paulo da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), empresa pública vinculada ao Ministério de Minas e Energia, juntamente com a Secretaria de Estado do Meio Ambiente (SMA), e o Departamento de Águas e Esgotos (DAE), do município de Jundiaí (SP), vem desenvolvendo o *Projeto Gerenciamento da Bacia do Rio Jundiaí-Mirim*, em uma experiência-piloto cujo objetivo principal é efetuar uma análise profunda dos principais problemas identificados na bacia desse rio, em termos de poluição, erosão e desmatamento, nesse manancial que se constitui a principal fonte de abastecimento público daquele município.

No desenvolvimento do projeto, utilizou-se tecnologia de sensoriamento remoto e geoprocessamento, para obtenção de dados que irão alimentar um *software* (AGNPS) para modelamento matemático de fatores, como: a poluição difusa causada por adubos e pesticidas, o carreamento de solo e de nutrientes (N, P, DQO), a simulação de trocas de técnicas agrícolas, a identificação de áreas suscetíveis aos processos erosivos e o mapeamento do uso do solo.

Este relatório descreve as atividades realizadas na Etapa I – Implantação, apresentando os resultados até então obtidos, bem como um histórico do projeto, a metodologia utilizada e as perspectivas de continuidade dos estudos, além de comentários e recomendações para futuros projetos semelhantes em outras regiões.

LUIZ SGUISSARDI DO CARMO
Superintendente Regional de São Paulo
Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM

SUMÁRIO

1. HISTÓRICO.....	1
2. OBJETIVOS	1
2.1. Da CPRM.....	1
2.2. Da SMA	2
2.3. Do DAE.....	3
2.4. Do Projeto	3
3. CARACTERIZAÇÃO DA BACIA	4
4. METODOLOGIA.....	5
4.1. Coleta dos Parâmetros	7
4.1.1. Fotointerpretação	7
4.1.2. Campo	11
4.1.3. Geoprocessamento	13
4.1.3.1. Aquisição de imagem de satélite	14
4.1.3.2. Tratamento da imagem.....	14
4.1.3.3. Composição falsa cor.....	14
4.1.3.4. Correção geométrica	14
4.1.3.5. Corte da imagem	15
4.1.3.6. Corte conforme AGNPS.....	15
4.1.3.7. Classificação Supervisionada.....	16
4.1.3.8. Cálculo de parâmetros do AGNPS.	16
4.1.3.8.1. Atribuição.....	16
4.1.3.8.2. Agregação	20
5. CARACTERÍSTICAS DO SOFTWARE AGNPS	20
5.1. A Chuva Erosiva.....	22
5.2. Planilha	24
5.2.1. Parâmetros da planilha	24
6. RELATÓRIOS DE SAÍDA.....	27
6.1. Relatórios do IDRISI	28
6.1.1. Áreas de Culturas	28
6.1.2. Declives superiores a 12%.....	28
6.1.3. Culturas em áreas de risco	29
6.2. Relatórios do AGNPS	29
6.2.1. Relatórios gráficos do AGNPS	30
6.2.2. Relatórios tipo tabela do AGNPS	32
7. CALIBRAGEM DO AGNPS	32
8. RESULTADOS ALCANÇADOS.....	34
8.1. Prazo	34
8.2. Erosão	34
8.3. Alcance de Objetivos.....	34
8.3.1. Dos Objetivos do DAE	35
8.3.2. Dos objetivos da SMA/CPLA.....	35
8.3.3. Dos objetivos da CPRM	35
9. RECOMENDAÇÕES.....	36
9.1. Ao DAE	36
9.2. À SMA.....	37
9.3. À CPRM.....	38
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39

1. HISTÓRICO

Em outubro de 1993, representantes da CPRM e da SMA reuniram-se para iniciar discussões sobre um intercâmbio de cooperação técnica visando ao desenvolvimento de trabalhos conjuntos, tendo em vista a aquisição de capacitação de alguns de seus técnicos junto ao *International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC)*, localizado nas cidades de Enschede e Delft, na Holanda.

Como resultado, foram definidas as linhas básicas para a viabilização de um projeto, que serviria de base ao estabelecimento de um convênio a ser firmado, futuramente, entre essas Instituições. A definição destes parâmetros e o estabelecimento de prioridades levaram à formulação do Projeto Gerenciamento da Bacia do Rio Jundiaí-Mirim, inicialmente considerado um projeto-piloto que, além de resultados a serem obtidos durante o seu desenvolvimento, propiciasse a obtenção de procedimentos metodológicos que pudessem ser aplicados em outras regiões.

Na seqüência das atividades, fizeram-se contatos com o Departamento de Águas e Esgotos (DAE), autarquia vinculada à prefeitura do município de Jundiaí, que ofereceu todas as facilidades à execução da etapa de implantação do projeto.

Definida a equipe de trabalho, o apoio logístico e o modo de obtenção de dados e geração de informações, envolvendo profissionais das três instituições, a CPRM ofereceu, como atividade preliminar, durante o mês de abril de 1994, uma semana de treinamento no uso do *software* IDRISI, ocasião em que foram novamente explicitadas as linhas gerais do projeto.

Em julho de 1994, após a obtenção dos primeiros dados, a equipe iniciou o desenvolvimento da metodologia de monitoramento ambiental na bacia hidrográfica do rio Jundiaí-Mirim, cujos resultados são ora apresentados.

2. OBJETIVOS

2.1. Da CPRM

A filosofia de modernizar os seus produtos técnicos, transformando-os em matéria de fácil absorção pela sociedade, fez com que a CPRM iniciasse a geração de projetos voltados à análise quantitativa e qualitativa do meio ambiente, visando a fornecer a dirigentes e planejadores das áreas estudadas subsídios técnicos que facilitassem decisões que

impliquem o desenvolvimento socioeconômico sustentável, considerando simultaneamente a preservação ambiental.

Formulou-se, assim, então o PROGRAMA INFORMAÇÕES PARA GESTÃO TERRITORIAL (GATE), cujos projetos têm atividades dedicadas ao levantamento e geração de informações sobre o meio físico em áreas metropolitanas e rurais, visando a apresentar soluções alternativas ao planejamento territorial, bem como antecipar a potencialidade de uso e ocupação dessas regiões.

A reciclagem de seus técnicos, como instrumento de atualização profissional, tem propiciado à CPRM a posse de tecnologia de ponta no modelamento ambiental, capacitando-a na produção de metodologia de trabalho com características próprias, assim como difundir no meio técnico as novas ferramentas de análise. A formulação do Projeto Gerenciamento da Bacia do Rio Jundiaí-Mirim vem ao encontro desses objetivos, além de possibilitar a transferência de tecnologia a órgãos da administração pública e à sociedade civil.

2.2. Da SMA

A Secretaria de Estado do Meio Ambiente (SMA) do governo do estado de São Paulo, apoiada na Lei Federal nº 6.902/81, vem desenvolvendo trabalhos para regulamentar as leis que criaram as Áreas de Proteção Ambiental (APA's) do estado de São Paulo. As APAs são espaços territoriais especialmente protegidos, onde o uso dos recursos naturais é regulado de modo a compatibilizar a manutenção de ecossistemas naturais de importância regional com o desenvolvimento das atividades econômicas. Dessa forma, dentro dos princípios constitucionais que regem o direito de propriedade, o Poder Executivo Estadual estabelece a normalização das atividades produtivas e a gestão das APAs para alcançar esse objetivo.

No estado de São Paulo, o Poder Legislativo Estadual criou dezessete APAs, entre as quais a APA de Jundiaí, criada pela Lei nº 4.095/84, cujos limites coincidem com os limites geográficos do município de Jundiaí. O objetivo principal dessa ação é proteger a serra do Japi, patrimônio paisagístico de grande valor para o estado, e importantes mananciais da região, tais como o rio Jundiaí-Mirim e as nascentes do rio Capivari.

A regulamentação das Áreas de Proteção Ambiental constitui-se em importante instrumento para a conservação e proteção de patrimônios ambientais, como também para as atividades de licenciamento, fiscalização, monitoramento e gestão dos recursos ambientais e da qualidade ambiental.

Nos trabalhos de regulamentação da APA de Jundiaí, a SMA identificou a necessidade de estender os estudos além dos limites da APA, ou seja, além dos limites municipais (Figura 1), de forma a abranger as nascentes do rio Jundiaí-Mirim, possibilitando o início dos trabalhos de monitoramento desse rio, subsídio importante à normalização pretendida pela regulamentação.

2.3. Do DAE

O Departamento de Águas e Esgotos de Jundiaí DAE é responsável pela quantidade e qualidade da água captada e distribuída à população, além da preservação da capacidade de acumulação de sua represa.

A preocupação com a qualidade das águas dessa bacia, da qual depende o abastecimento que hoje atinge a cerca de 97% da população da cidade de Jundiaí, data de 1980, quando da criação da Lei Municipal nº 2.405/80, através da qual 55% da bacia do rio Jundiaí, nos limites do município, passaram a constituir-se em área de proteção de mananciais.

Os problemas de erosão na bacia e o assoreamento do reservatório do rio Jundiaí-Mirim são da maior relevância, no momento em que nova represa está sendo projetada, na mesma bacia, para fins de abastecimento.

Eventuais aumentos de adução, oriundos do rio Atibaia, poderão ser simulados e seus efeitos erosivos quantificados com o uso do AGNPS, antecipando vantagens e desvantagens da alteração de taxas de importação de água.

2.4. Do Projeto

O objetivo básico do Projeto Gerenciamento da Bacia do Rio Jundiaí-Mirim é diagnosticar a situação atual da bacia, realizando o mapeamento da cobertura vegetal, das práticas agrícolas, do uso do solo, das áreas de poluição difusa e pontual, de forma a se obterem dados que possam contribuir para o monitoramento da qualidade e quantidade do recurso hídrico, além de avaliar os processos erosivos atuais.

A simulação de diferentes técnicas agrícolas, visando à preservação do solo e ao aumento da produtividade no uso de adubos e pesticidas é outra possibilidade que poderá ser oferecida ao gerenciamento da bacia, uma vez concluída a calibração do modelo AGNPS. Eventuais aumentos de adução oriunda do rio Atibaia poderão também ser simulados, para cálculo de seus efeitos erosivos ao longo da bacia. Novos loteamentos poderão ser igualmente simulados para avaliação de sua interferência ambiental.

Outro objetivo é desenvolver uma experiência de trabalho conjunto entre instituições federais, estaduais e municipais, necessária, principalmente, quando se trata da questão ambiental.

Na busca desses objetivos concebeu-se dividir o projeto em três etapas: Etapa I – Implantação, Etapa II – Calibração, Etapa III – Manutenção. Com a apresentação deste relatório, a Etapa I atinge a sua conclusão.

As etapas II (Calibração) e III (Manutenção), deverão ser implementadas pelo DAE, que poderá contar com apoio técnico da CPRM.

A etapa de Calibração do modelo AGNPS deverá proporcionar, quando concluída, um segundo relatório. Para atingir esse objetivo, será utilizado o *software* AGNPS (Agricultural Non-Point Source Pollution Model).

Por sua vez, a etapa de Manutenção do modelo passará a constituir-se em trabalho rotineiro, de caráter anual e sem prazo de conclusão, devido a ser uma prática recomendada ao controle de poluição das águas e assoreamento de reservatórios. Nessa etapa, os relatórios terão o formato e o conteúdo definidos pelo DAE, sendo por ele produzidos e gerenciados.

3. CARACTERIZAÇÃO DA BACIA

O município de Jundiaí compõe um dos principais vetores de expansão urbano-industrial da Região Metropolitana da Grande São Paulo, o que pode agravar sobremaneira a escassez de recursos hídricos, comprometendo a qualidade das águas no município.

O rio Jundiaí, que corta a sede urbana, apresenta índices consideráveis de poluição, sendo por isso objeto de despoluição intermunicipal, através do Consórcio de Recuperação do Rio Jundiaí (CERJU).

O rio Jundiaí-Mirim é afluente, à margem direita, do rio Jundiaí, na altura da cidade paulista que lhe empresta o nome, cobrindo uma área de drenagem com superfície pouco maior do que 108km².

Ao final dessa drenagem, foi criado um reservatório pela construção de pequena barragem, junto ao qual uma estação de bombeamento do DAE, capta e trata a maior parte da água distribuída no município. A rede hidráulica atende a 97% da população, e a de esgoto, a 95%.

A área da bacia (108,6km²) está distribuída em três municípios vizinhos (Figura 1), cabendo a Jundiaí a maior parte (59,9km² = 55%), além de Jarinú (39,7km² = 36,6%) e Campo Limpo Paulista (9,1km² = 8,3%).

Há na área um bom número de indústrias (maioria já possui os seus efluentes canalizados para fora da bacia), granjas, empresas de mineração e, ainda, farta produção de uvas, figos e morangos, dada a instalação, no município, de colonos italianos, no início do século, caracterizando a área em pequenos sítios de alta produtividade.

A bacia do rio Jundiaí-Mirim, dentro do território do município de Jundiaí, é protegida pela Lei Municipal nº 2.405/80, que estabelece a aprovação prévia da prefeitura e do DAE para implantação de loteamentos, desmembramento e reagrupamento de imóveis, bem como para a prática de qualquer atividade comercial, industrial ou recreativa.

Nessa bacia, ocorre o lançamento de esgotos domésticos dos bairros isolados, de propriedades rurais, alguns restaurantes e clubes recreativos (Grêmio Recreativo dos Empregados da Cia. Paulista; Clube dos Funcionários da Vitivinícola Cereser; Restaurante Spiandorello; Clube do Banco do Brasil; Clube Jundiaense; Clube Nova Odessa e Sociedade Recreativa Caxambu). Há, também, o lançamento de efluentes de um engenho no município de Jarinu e de uma indústria de alimentos no bairro do Caxambu, além de poluentes orgânicos da suinocultura.

Com relação às fontes difusas, verifica-se o carreamento para o corpo d'água de resíduos em suspensão com a água de escoamento superficial devido à atividade extrativa de mineração de argila para cerâmica branca, localizada no bairro do Caxambu, e de argila vermelha, localizada ao longo da rodovia para Jarinu. Ocorre também a poluição devida ao carreamento de agrotóxicos e resíduos de fertilizantes usados nas culturas, principalmente de hortaliças e morangos e, secundariamente, de vitivinicultura.

Ao contrário da vitivinicultura, primeira exploração econômica no município, a cultura do morango é realizada junto aos mananciais, visando a facilitar os trabalhos de irrigação que são quase diários. Nessa cultura, o uso de pulverização é constante e em número elevado.

Face à expansão urbana, o município viu-se na contingência de importar água da bacia do rio Atibaia para suprir suas necessidades em épocas de seca.

4. METODOLOGIA

O projeto-piloto foi concebido de forma a apoiar-se nas modernas técnicas do Sensoriamento Remoto (SR) e nos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) via *software* IDRISI, fornecendo dados e análises complementares ao principal *software* de modelamento – AGNPS.

A extensão territorial e o grande número de variáveis de entrada no AGNPS recomendam o uso de um *software* do tipo GIS, no caso o IDRISI, para uma medida rápida e precisa dos parâmetros que possuam correlação direta com a superfície do território.

Reuniram-se informações bibliográficas sobre a bacia, traçaram-se gráficos, mapas, interpretaram-se fotos aéreas e imagens de satélite e realizaram-se verificações de campo, que se constituíram em etapas de trabalho apresentadas no diagrama da figura 2. Destacam-se, pela borda espessa em azul, os dois *softwares* principais utilizados: IDRISI e AGNPS.

Nos retângulos vermelhos, estão salientados os principais conjuntos de dados recebidos de terceiros: fotografias aéreas, imagens de satélite, dados de chuvas. Em verde, estão destacadas as principais etapas planejadas e executadas pela equipe de desenvolvimento do projeto-piloto: traçado da hidrografia, mapeamento do uso e ocupação da terra/cobertura vegetal, trabalho de campo.

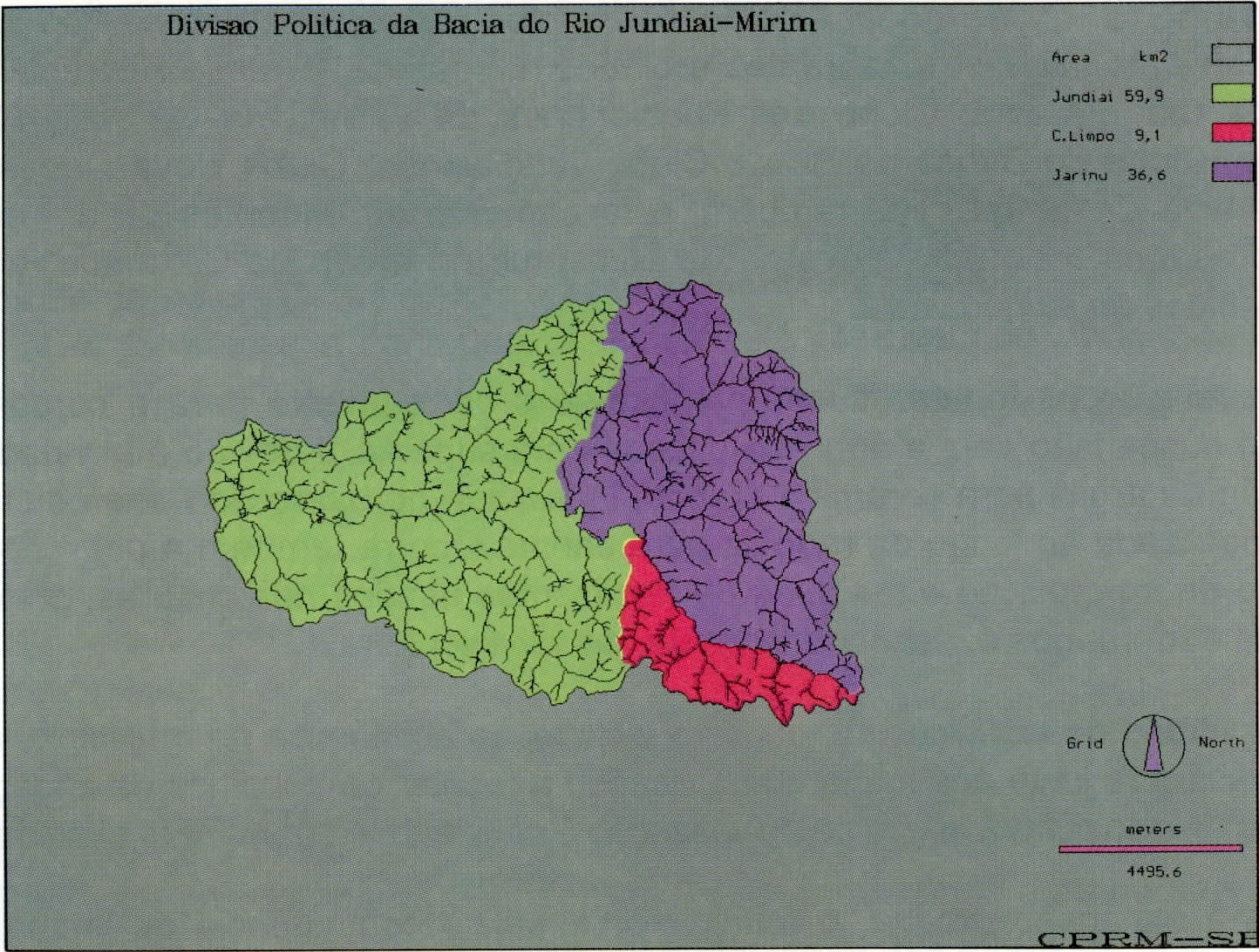


Figura 1 – Divisão política da bacia do rio Jundiaí-Mirim.

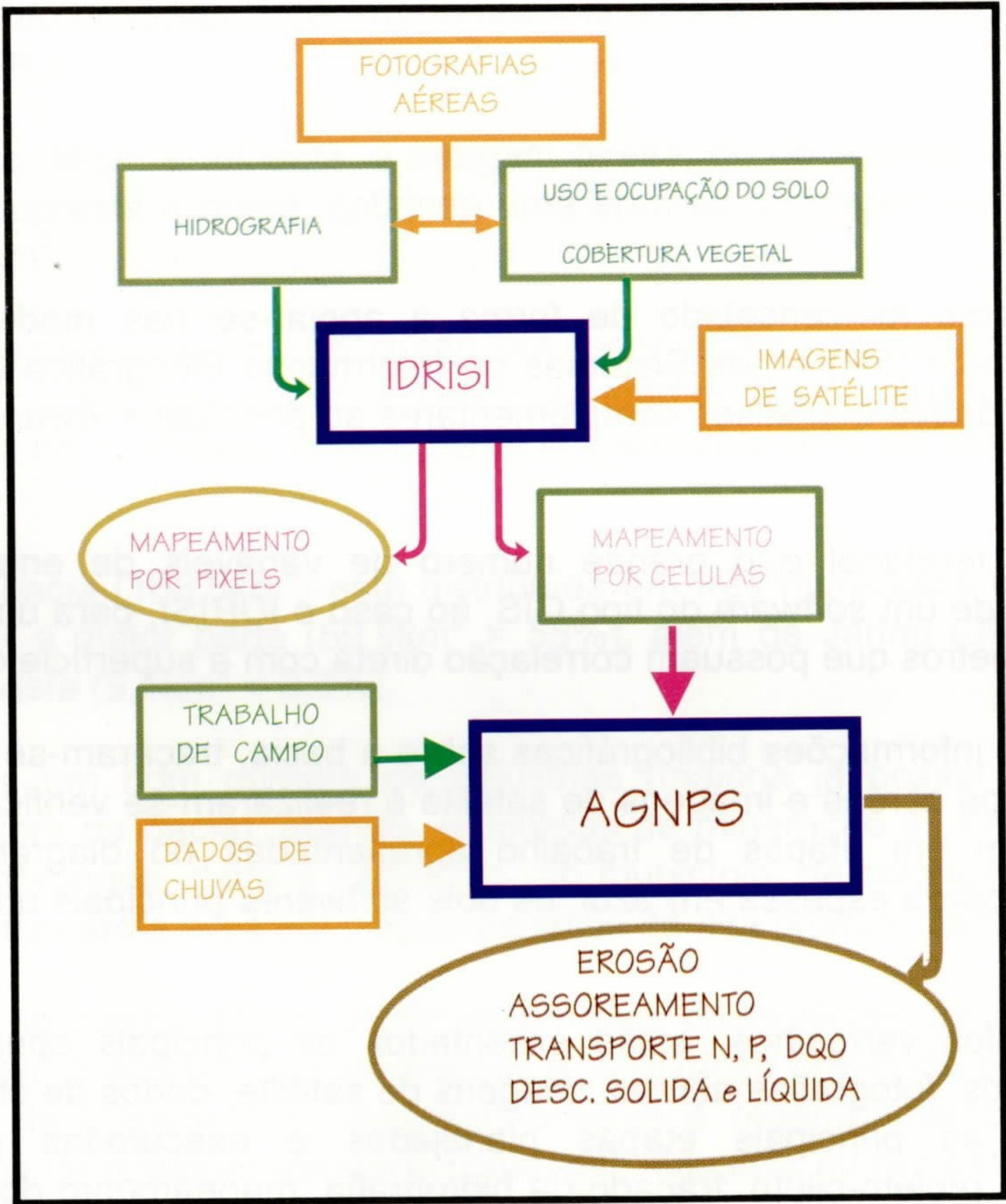


Figura 2 - Diagrama de fluxo das fases de execução.

A utilização do *software* IDRISI deu origem a produtos intermediários destacados pelo retângulo – mapeamento por células – e a produtos finais destacados na elipse – mapeamento por pixels.

O *software* AGNPS deu origem a relatórios gráficos e em formato de texto sobre os temas destacados na elipse maior do diagrama.

4.1. Coleta dos Parâmetros

O *software* básico de simulação ambiental AGNPS exige uma entrada de dados morfológicos, hidrológicos e de qualidade d'água em formato semelhante ao da entrada de dados em uma planilha eletrônica do tipo LOTUS 1-2-3.

A coleta dos parâmetros para preenchimento dessa planilha deu-se em uma sequência de fases que bem caracterizaram o projeto.

À *primeira fase* denominamos de FOTOINTERPRETAÇÃO por contemplar a execução de tarefas com a aplicação da técnica de mesmo nome.

A *segunda fase*, identificada pelo título CAMPO, engloba a coleta de parâmetros durante viagem ao campo, visitando-se a bacia em pontos pré-escolhidos.

Identificaremos por GEOPROCESSAMENTO a *terceira fase* de coleta de dados, por destacar-se o uso do *software* IDRISI no cálculo dos parâmetros.

À medida que os parâmetros do AGNPS foram sendo obtidos, procedeu-se à respectiva inclusão na planilha daquele *software*, abrangendo, inclusive, os valores das variáveis para o dia da chuva que se quer modelar sobre a bacia.

4.1.1. Fotointerpretação

Em outubro de 1993, a prefeitura municipal de Jundiaí, através de sua Secretaria Municipal de Planejamento, contratou um voo para obtenção de cobertura fotográfica atualizada do município com finalidades múltiplas.

Desse voo, obtiveram-se fotos, em tons de cinza, na escala 1:30.000, que trabalhadas, permitiram uma reconstituição do uso da terra e das curvas de nível espaçadas a cada 10m (Figura 3).

O DAE, por cessão da Secretaria Municipal de Planejamento, obteve as fotos que cobrem a área da bacia do rio Jundiaí-Mirim, assim como as curvas de nível restituídas em meios magnéticos para o município de Jundiaí. O restante da área da bacia (45%), pertencente, aos municípios de Jarinu e Campo Limpo Paulista, tiveram suas curvas de nível restituídas pela equipe do Núcleo de Geoprocessamento (NUGEP) da Superintendência Regional de São Paulo da CPRM. Essa tarefa foi executada a partir das

bases cartográficas do IBGE, folhas Jundiaí e Atibaia, na escala 1:50.000, editadas em 1985 e 1984, respectivamente.

Com tais produtos, foi possível, na primeira fase, restituir-se visualmente, por estereoscopia, a hidrografia da bacia (Figura 4). Previamente, definiu-se como ponto de escoamento da bacia o local em que o rio Jundiaí-Mirim é atravessado por uma ponte que permite o acesso, a partir da rodovia Jundiaí/Itatiba (variante), à Cerâmica Nivoloni, razão da identificação da saída da bacia por ponte do Nivoloni.

A escolha desse ponto justifica-se pela constrição sofrida pelo rio naquela localidade, sendo o canal adequado à aplicação da técnica de medição indireta de vazão líquida pelo método Área x Declividade, recurso hidrométrico que pretendemos utilizar na calibração do AGNPS.



Em épocas de seca prolongada, quando os recursos hídricos tornam-se escassos, são bombeados 0,6 m³/seg., que adentram a bacia em ponto situado na célula 7 da Figura 6 (Foto 1).

Foto 1 – Ponto de importação d'água oriunda do rio Atibaia.

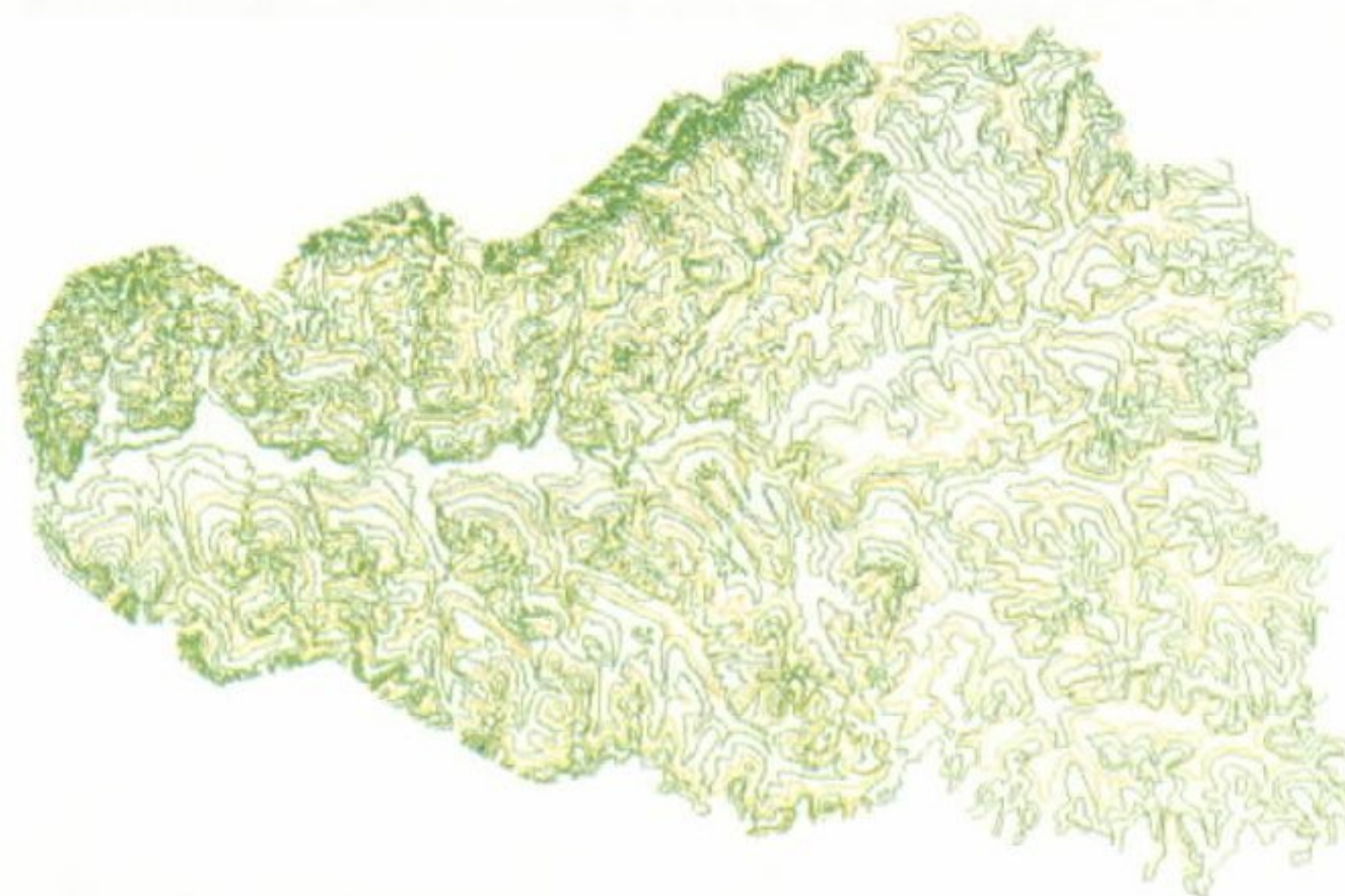


Figura 3 – curvas de nível na área da bacia do rio Jundiaí-Mirim – esc.: 1:208.000

A partir da Ponte do Nivoloni, traçou-se o contorno de toda a bacia hidrográfica (Figura 4), definindo-se então o que seria o divisor de águas da bacia do rio Jundiaí-Mirim.

Esse polígono foi posteriormente utilizado para, via digitalização, dar origem a um arquivo vetorial, com o qual tornou-se possível realizar inúmeras tarefas no tratamento digital da imagem de satélite obtida da área:

- identificação do divisor de águas da bacia;
- imagem digital, para isolamento da área da bacia do restante da imagem original;
- cálculo da área total da bacia;
- cálculo do perímetro da bacia.

A restituição visual da hidrografia foi posteriormente georreferenciada pela imposição de um *grid* de células quadradas, com lado de 480m, com limites convertidos a coordenadas do sistema UTM (Figura 4).

O divisor de águas traçado a partir daquele ponto permitiu também que se fotointerpretasse o uso da terra (Figura 5) e respectiva cobertura vegetal, utilizando-se para tanto as classes indicadas pelo AGNPS, quais sejam:

- alqueive (*fallow*): terras incultas, abandonadas, com restos de plantações;
- culturas alinhadas: morro abaixo, em curvas de nível;
- culturas de grãos;
- legumes ou campos de rotação;
- pastos: pobres, razoáveis, bons;
- campos permanentes;
- campos com vegetação arbórea de pequena estatura;
- matas com muito humo;
- áreas de sede de fazenda;
- áreas urbanas (21% a 27% impermeáveis);
- valetas gramadas;
- águas: lagos, represas, açudes;
- banhados;
- áreas de animais confinados: pavimentadas, não-pavimentadas;
- áreas com telhados.

O *grid* de células quadradas sobreposto à hidrografia e ao uso da terra mapeados na fotointerpretação, tornou possível o georreferenciamento desses aspectos, facilitando a localização em campo via GPS.

O posicionamento desse *grid* é imposto à bacia de forma a manter as células quadradas com seus lados paralelos às linhas dos meridianos e paralelos terrestres.

O tamanho das células é, como se verá adiante, escolhido em função do tamanho da bacia hidrográfica e considera aspectos como homogeneização, reprodutibilidade do comprimento dos cursos d'água, da área da bacia e tamanho da memória RAM do computador.

Cada célula que tenha mais de 50% de sua área sobre a bacia hidrográfica é identificada como pertencente ao *grid* do AGNPS, aplicando-se-lhe uma identidade numérica crescente que começa sempre naquela que fica mais ao norte e mais à esquerda (nº 1), aumentando os números em sequência de faixas horizontais, e de cima para baixo. A representação da bacia, na forma do *grid* (Figura 6) então obtido, foi também sobreposta à fotointerpretação do uso da terra, dando origem a um segundo mapa georreferenciado, no qual foram sintetizados os primeiros conhecimentos adquiridos sobre a bacia.

Bacia do Rio Jundiaí-Mirim na Pte.Nivoloni

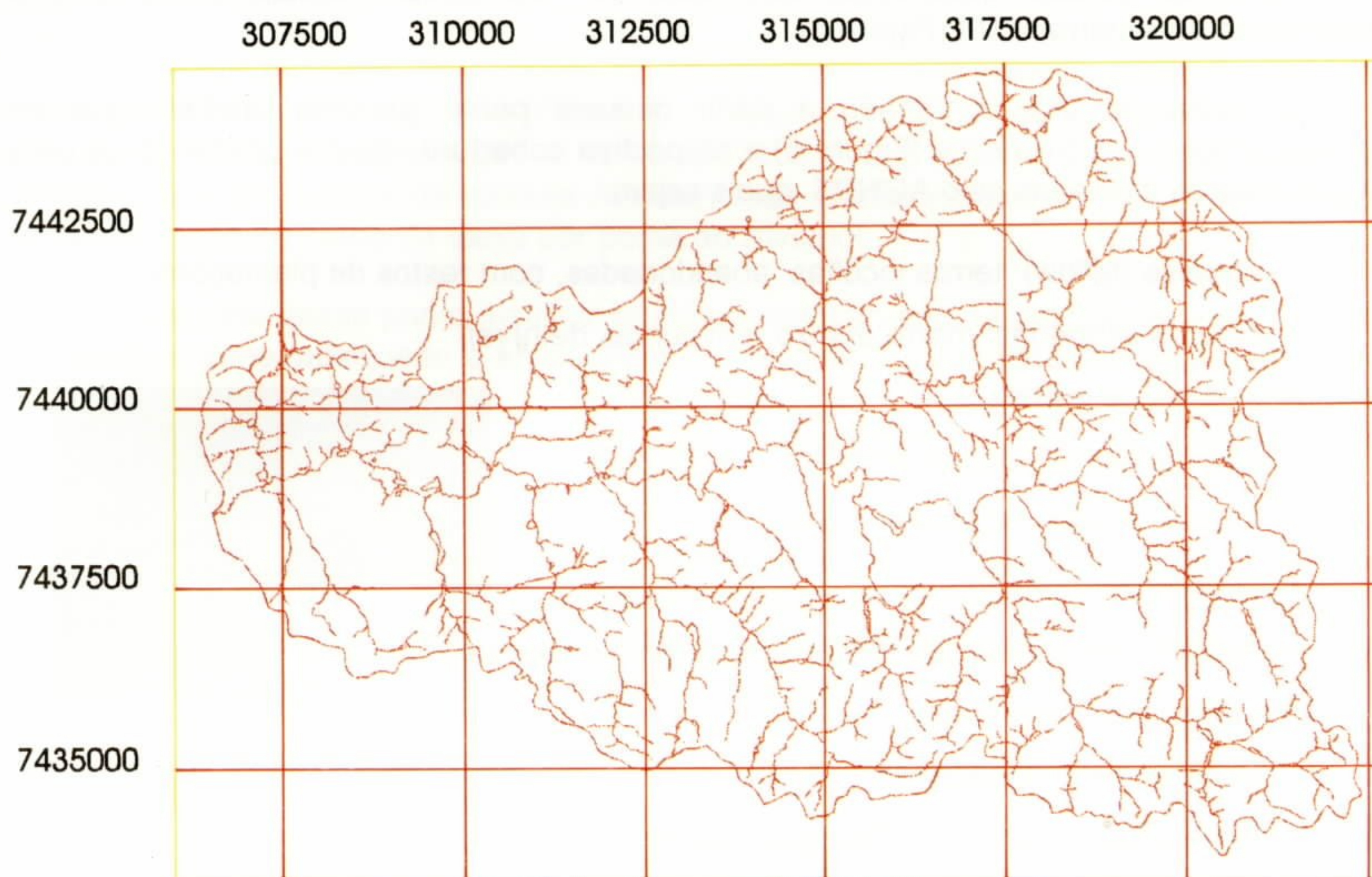


Figura 4 – Hidrografia da bacia do rio Jundiaí-Mirim.

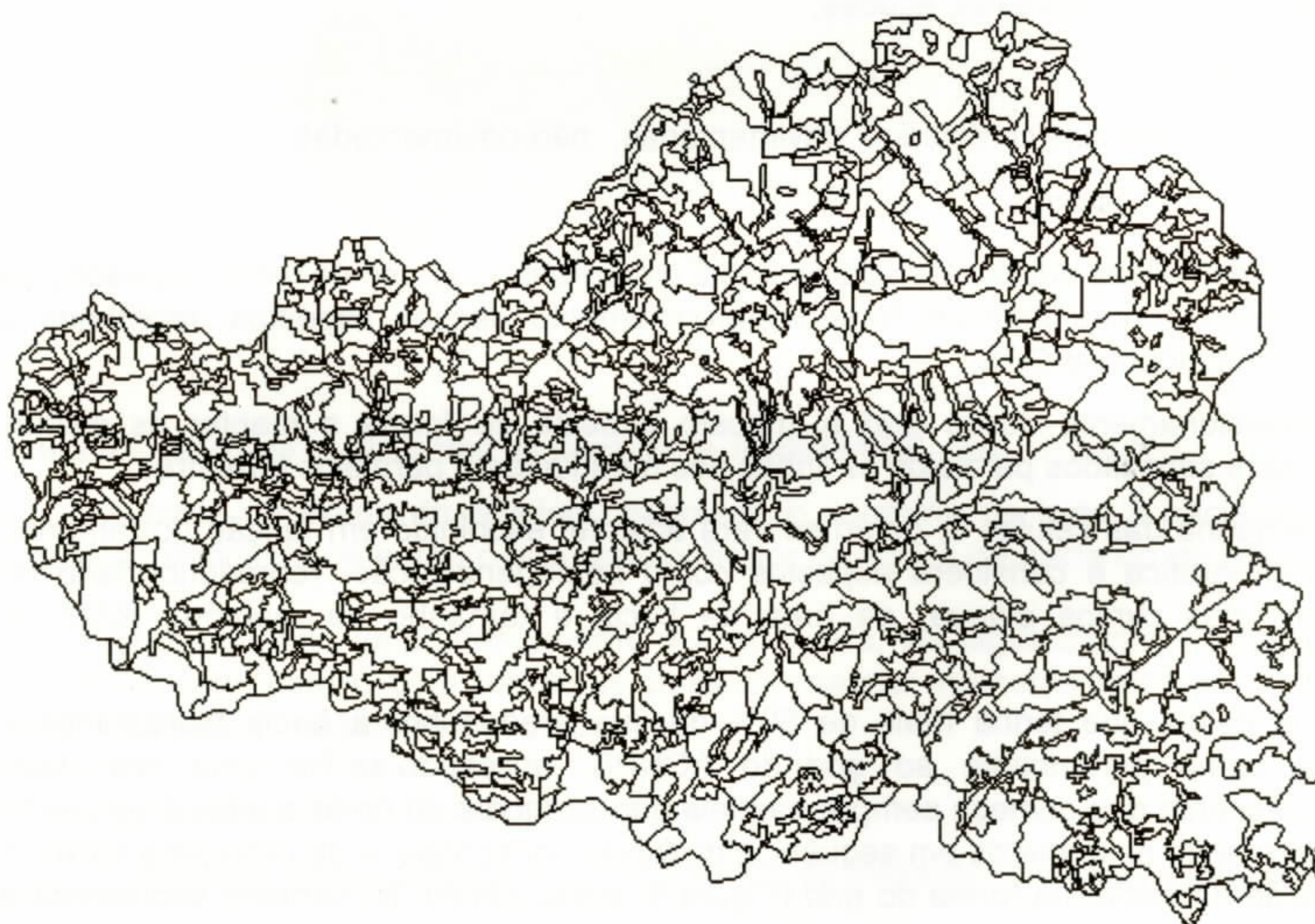


Figura 5 – Uso das terras – Limites – Esc.: 1: 111.000.

Com apoio nas bases cartográficas mencionadas no subitem 4.5.1, identificamos os limites geográficos do perímetro representado pelo conjunto de células, dos quais obtiveram-se os valores:

- limite norte : 7.444.800m UTM da quadricula MC = 45°W;
- limite sul : 7.433.760m;
- limite oeste : 306.225m;
- limite leste : 322.065m.

Com esses valores e conhecendo-se o tamanho das células (480m), criou-se um arquivo de pontos que, posteriormente, foi utilizado na confecção de um arquivo vetorial denominado AGNPSPER.VEC, básico para formação de uma imagem da bacia a ser usada para corte das imagens de satélite, conforme mostrado adiante.

4.1.2. Campo

Concluídas as atividades preliminares de fotointerpretação, encerrando a primeira fase, a equipe deu prosseguimento ao trabalho realizando as viagens ao campo para dirimir dúvidas de interpretação e coletar parâmetros (item 4.2.1.2.1 letras P, Q, R, S e T) em áreas previamente escolhidas para amostragem.

Visitaram-se minas de exploração de argila, como a da foto 2, constatando-se um excesso de material fino que escapa da área de mineração e cai nos cursos d'água que a cruzam. Esse extravasamento, uma vez quantificado, poderá ser incluído no modelo AGNPS, em toneladas de sedimento produzidas, assim como a posição exata do lançamento na bacia hidrográfica pela subdivisão da célula principal, técnica detalhada adiante.

Cargas poluentes pontuais, como a criação de gado confinado (Foto 3), podem também ser simuladas pelo AGNPS. A raça e a quantidade de animais são introduzidas no modelo, que transforma esses dados de entrada no respectivo valor da DQO média que representa esse tipo de demanda. A posição do lançamento na bacia pode ser obtida com a subdivisão da célula para se conseguir maior precisão no posicionamento.

A carga difusa, constituída pelos adubos e pesticidas lançados na lavoura (Foto 4), foi coletada de forma amostral, por espécie de cultura, ocasião em que se registraram o tipo de adubo, a quantidade aplicada e a data de aplicação. Igual procedimento adotou-se em relação aos pesticidas.

Tais dados são os primeiros do acervo dessa bacia e deverão ser utilizados quando do processo de calibragem. Na ocasião, será necessária uma consistência dos dados reunidos no campo.

A textura dos solos, identificada a partir de testes realizados *in loco*, pelo tato com o solo umedecido, constituiu-se em outro exercício prático, que proporcionou a identificação de um padrão homogêneo de argilas em toda a bacia.

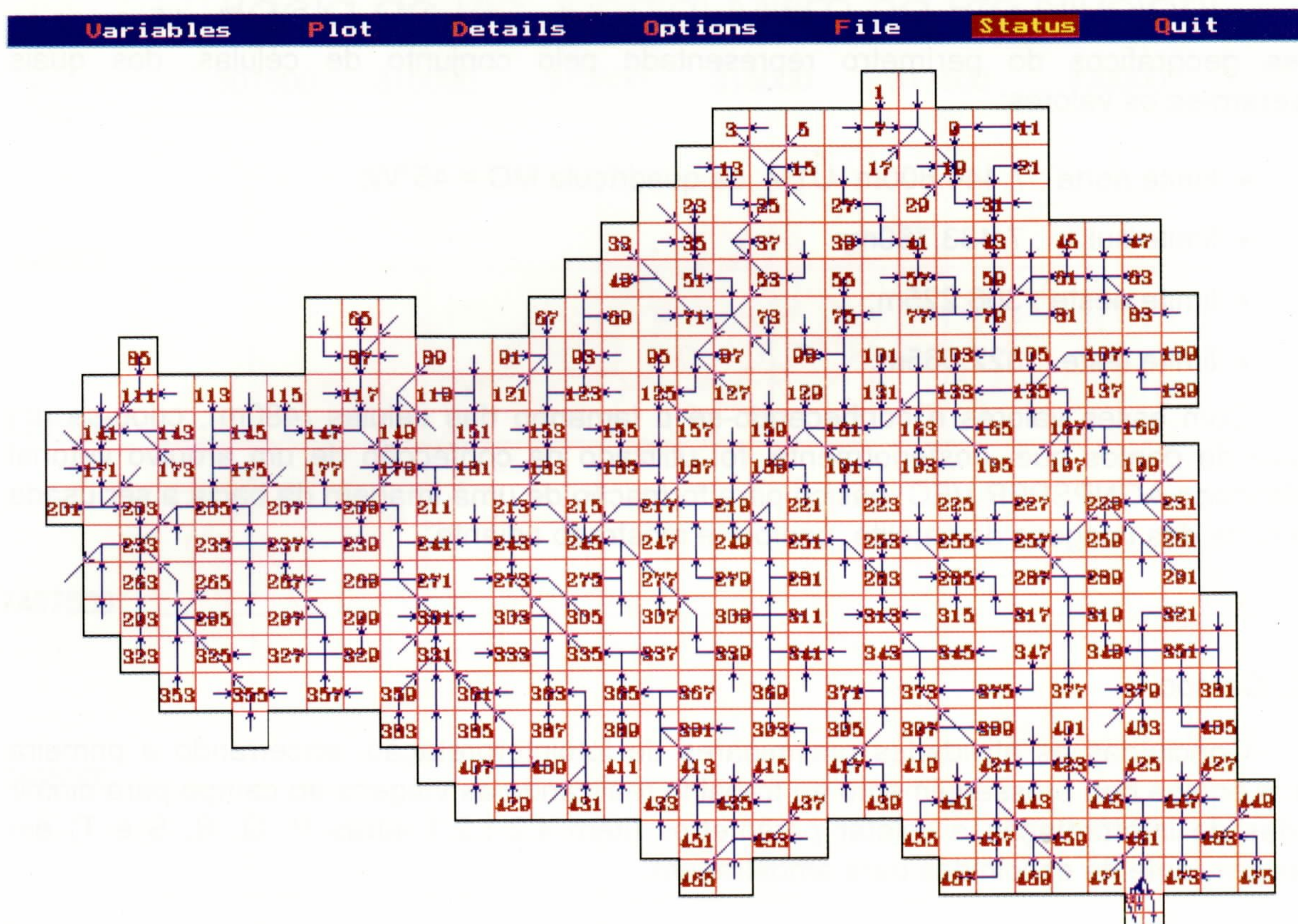


Figura 6 – Reprodução da bacia hidrográfica por células do modelo AGNPS.

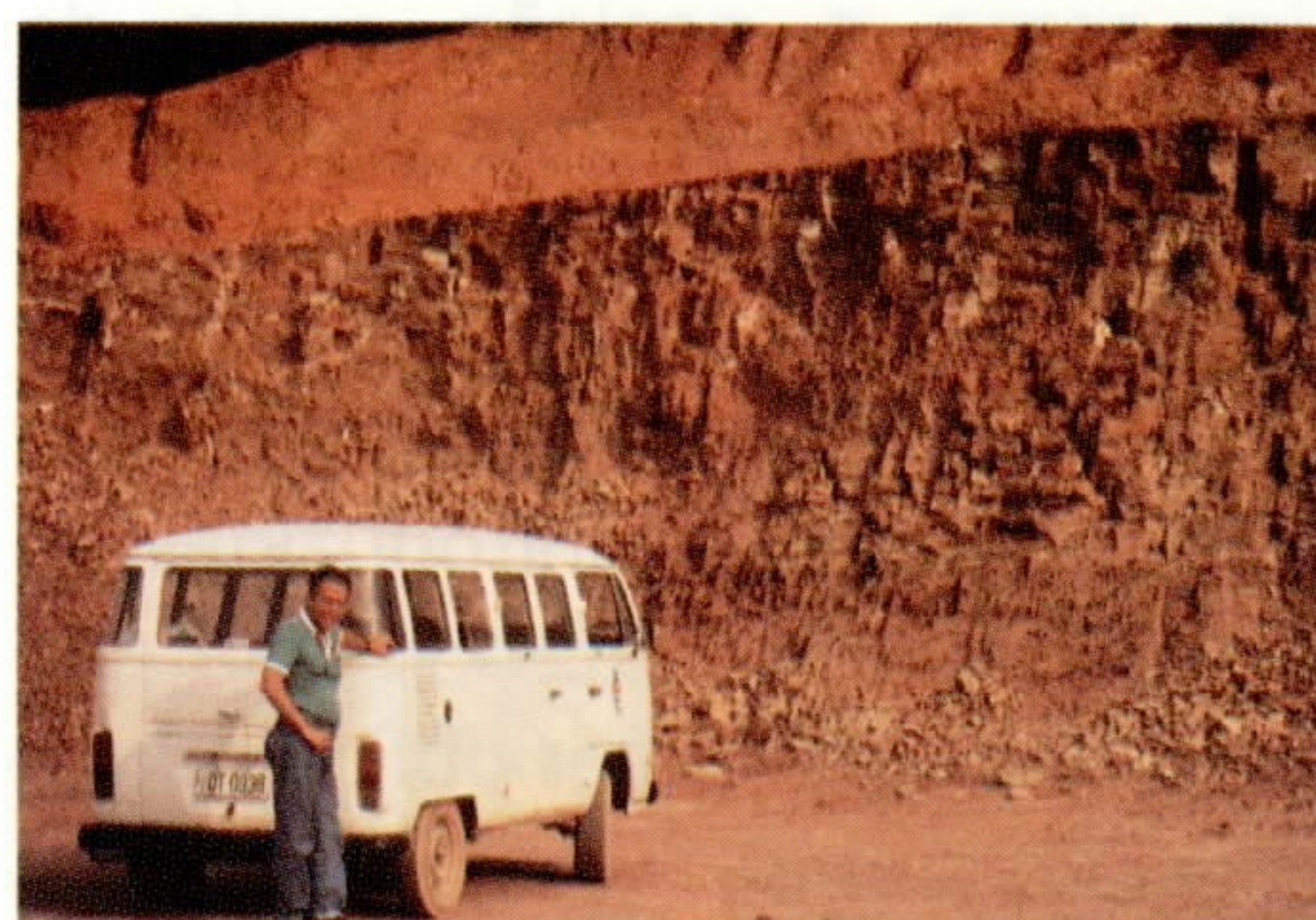


Foto 2 –



Foto 3 –



Foto 4 –

Por ocasião da calibração do modelo, é pouco provável (mas não impossível), que se precise refazer o levantamento de texturas, visando a aprimorar os resultados modelados pelo AGNPS.

Durante a etapa de campo procurou-se, a partir de pontos topográficos elevados, realizar a identificação das feições fotointerpretadas, com apoio de GPS, sempre que houvesse qualquer dúvida.

A Casa da Agricultura, bem como a CETESB, foram visitadas em Jacareí. Em ambas as visitas, os propósitos do modelamento via AGNPS foram explanados.

Nesses contatos, percebeu-se um grande interesse de ambas as entidades em colaborar, somando esforços institucionais na busca das melhorias ambientais para a bacia do rio Jundiaí-Mirim. Tais oferecimentos vieram ao encontro dos objetivos dos contatos realizados, quais sejam, convocar as forças ativas do poder executivo estadual para o combate à poluição e a melhoria da produtividade agrícola.

4.1.3. Geoprocessamento

À terceira fase da coleta de parâmetros designou-se por GEOPROCESSAMENTO, face às tarefas realizadas com a imagem de satélite, adquirida para essa finalidade.

O tamanho das células (480 x 480m) utilizado para confecção do *grid* que representa a bacia hidrográfica no *software* AGNPS foi escolhido por ser múltiplo (16 vezes) da unidade básica de uma imagem do LANDSAT, o pixel, que cobre uma área na superfície do planeta de 30 x 30m. Comparando-se os aspectos a serem mapeados nas fotos aéreas e a imagem de satélite, concluiu-se pela definição desse tamanho (480 x 480m) para as células, pois a bacia possui a característica de englobar um grande número de pequenas propriedades, com grande variação de culturas. Cada célula, segundo a filosofia do modelo, deve cobrir uma área o menos heterogênea possível.

A medida dos parâmetros do AGNPS, identificados pelas letras F, G, J, K, L, M, N, a qual denominou-se grupo A de variáveis, para cada uma das 476 células que compõem a bacia, tem correlação direta com a área das superfícies mapeadas, pois dependem da natureza superficial do uso da terra.

No grupo B de variáveis, incluíram-se aquelas de endereçamento pertencentes às linhas A, B, C e D, além da variável da linha E, todas obtidas em inspeção visual do *grid* de células quadradas sobreposto à bacia hidrográfica.

O uso do IDRISI, portanto, assumiu a característica de uma ferramenta de medida de áreas e de cálculo de valores médios dos parâmetros geomorfológicos e hidrológicos de cada uma das células do AGNPS.

A sequência de tarefas realizadas com esse *software* é apresentada em a seguir:

4.1.3.1. Aquisição de imagem de satélite

As imagens fornecidas pela SMA (duas), oriundas de outros projetos internos daquela instituição, não puderam ser aproveitadas por não cobrirem, embora somadas, a área da bacia do rio Jundiaí-Mirim.

A solução encontrada foi a compra, pelo DAE, de uma nova imagem, ocasião em que se optou pela cena obtida pelo LANDSAT TM bandas #3, #4 e #5 na data de 29.11.1993 – órbita 219 / ponto 76 / quadrante w – devido à total ausência de nuvens e distorção, cerca de um mês, da data em que foram tomadas as fotos aéreas usadas na fotointerpretação anteriormente mencionada.

Tal proximidade foi buscada para propiciar a comparação dos aspectos mapeados a partir das fotos aéreas com a imagem de satélite, facilitando o treinamento de interpretação dos membros da equipe envolvidos no processo de transferência tecnológica.

4.1.3.2. Tratamento da imagem

O INPE forneceu a imagem com três bandas gravadas em fita *streamer*. O DAE, que a adquiriu, forneceu disquetes para uma transformação, agora no INPE de São José dos Campos, para meios magnéticos, que possibilitou o uso imediato em microcomputadores do tipo PC.

Por falta de informação do INPE, ainda que consultado especificamente, desconhecia-se a composição Linhas x Colunas das bandas adquiridas, o que acarretou o desenvolvimento de uma pequena rotina de computador, identificada por LINHACOL, com a qual é possível determinar tais parâmetros a partir do tamanho do arquivo da imagem. Com o cálculo do número de linhas e colunas de cada imagem, as bandas recebidas foram lidas pelo comando COLOR85 do IDRISI, tão logo se produziu o correspondente arquivo documental de cada uma delas.

4.1.3.3. Composição falsa cor

O primeiro tratamento dado às três bandas da imagem de satélite adquirida foi no sentido de se realizar uma composição colorida normalmente conhecida pelo nome de FALSA COR. Através dessa técnica, atribui-se às três bandas que estejam disponíveis a identificação, falsa, de que pertencem, respectivamente, às faixas de comprimento de onda das bandas 1, 2 e 3, e produz-se a adição dessas bandas.

O produto permite uma visibilidade melhor dos aspectos imageados, tornando mais fáceis as tarefas subsequentes. A imagem nº1 é oriunda dessa composição inicial.

4.1.3.4. Correção geométrica

Por ocasião da seleção da imagem adquirida no INPE de Cachoeira Paulista, optou-se pelo formato sem correção *geométrica*, uma vez que o IDRISI tem capacidade de realizar essa tarefa, ao tempo em que georeferencia todos os pixels.

A correção foi feita nas três bandas com a preparação de uma tabela de pontos com coordenadas tomadas na imagem de satélite e também em uma base cartográfica confiável,

mencionada no subitem 4.1.1. Tão logo a tabela de pontos amostrados apresentou um índice de erro máximo inferior à dimensão do pixel (30m), situação em que não se pode mais aumentar a precisão da localização, deu-se por concluída a tarefa.

Com a tabela pronta e o comando RESSAMPLE do IDRISI produziu-se a correção geométrica das três bandas.

4.1.3.5. Corte da imagem

As inúmeras tarefas previstas a serem executadas com as bandas, então georreferenciadas, recomendavam uma redução no tamanho dos arquivos para permitir uma ocupação mínima no computador, agilizando o processamento. Tal objetivo foi alcançado quando reduziu-se a imagem original (92,5 x 85km) um retângulo envolvendo a bacia do rio Jundiaí-Mirim e boa parte da cidade de Jundiaí SP para uma localização mais fácil.

Para definir as coordenadas do retângulo, utilizaram-se as coordenadas pré-identificadas no subitem 4.1.1, adicionando-se uma faixa ao redor. A largura dessa faixa assumiu dimensões diversas, porém, todas múltiplas de 480m. Estabeleceu-se, dessa forma, uma área extra ao redor das células que representam a bacia com dimensões que facilmente permitem a sua transformação também em células quadradas de 480m de lado. Assim, a faixa adicionada é facilmente eliminável nos tratamentos de imagem programados para fases posteriores.

O retângulo de corte da imagem original caracterizou-se pelas coordenadas:

- limite norte : 7.447.740m UTM
- limite sul : 7.430.820m
- limite oeste : 302.385m
- limite leste : 324.945m

A área original ($92,5 \times 85\text{km} = 7.862,5\text{km}^2$) ficou reduzida a ($16,92 \times 22,56\text{km} = 381,7152\text{km}^2$) 4,8%, tamanho ideal para os tratamentos subsequentes. A função WINDOW do IDRISI é perfeita para tais cortes e foi aplicada às três bandas já então georreferenciadas.

Essas imagens assumiram as identidades JDI#3CG, JDI#4CG e JDI#5CG, respectivamente para as bandas 3, 4 e 5. A composição em FALSA COR correspondente é apresentada na imagem , a seguir.

4.1.3.6. Corte conforme AGNPS

Considerando que a área de interesse para medida de parâmetros inscreve-se no perímetro externo do conjunto de células quadradas que representam a bacia, utilizaram-se os limites definidos no subitem 4.1.1 e na figura 5, para recriar aquele perímetro como um arquivo vetorial do IDRISI, via função SCRIPT FILE do EDIT. Esse perímetro (linha branca na Img. 1) poderá ser usado para ressaltar o contorno das imagens em tratamentos subsequentes. Entretanto, a sua função maior é de dar origem a uma imagem da bacia, à qual chamaremos de BACIA UNITÁRIA.

A BACIA UNITÁRIA é assim denominada por ser uma imagem retangular que possui, em seu interior, o desenho do perímetro assumido pelas células do AGNPS, além da característica específica de ser constituída por pixels com valor igual a 1, no interior do perímetro, e igual a 0 em seu exterior (Img. 2).

A multiplicação das imagens 1 e 2, via função OVERLAY do IDRISI, permitiu a separação do retângulo inicial (Img. 1) a área da bacia do rio Jundiaí-Mirim com o formato do perímetro do AGNPS (Img. 2 e Figura 5), dando origem à Img. 3.

4.1.3.7. Classificação Supervisionada

A técnica utilizada para preparar a imagem 3 foi também aplicada às três bandas originais, para cortá-las no tamanho do retângulo reduzido mencionado no subitem 4.1.3.5, preparando-as para o procedimento de classificação.

Considerando-se o conhecimento já então adquirido da bacia, a metodologia de classificação *supervisionada* apresentava vantagens sobre a *não-supervisionada*.

Com base na imagem 3 e a equivalente da banda 5, foram criados arquivos vetoriais de amostragem de 35 áreas conhecidas. A análise espectral dessas amostras, quando aplicadas às três bandas da imagem via comando SIGCOMP do IDRISI, apresentou um resultado (Figura 7) que permitiu a seleção de oito alvos, razoavelmente distintos, com os quais se classificou a bacia, conforme apresentado na imagem 4 a seguir.

Nessa classificação, utilizaram-se as técnicas disponíveis no IDRISI, versão 4.01/DOS.

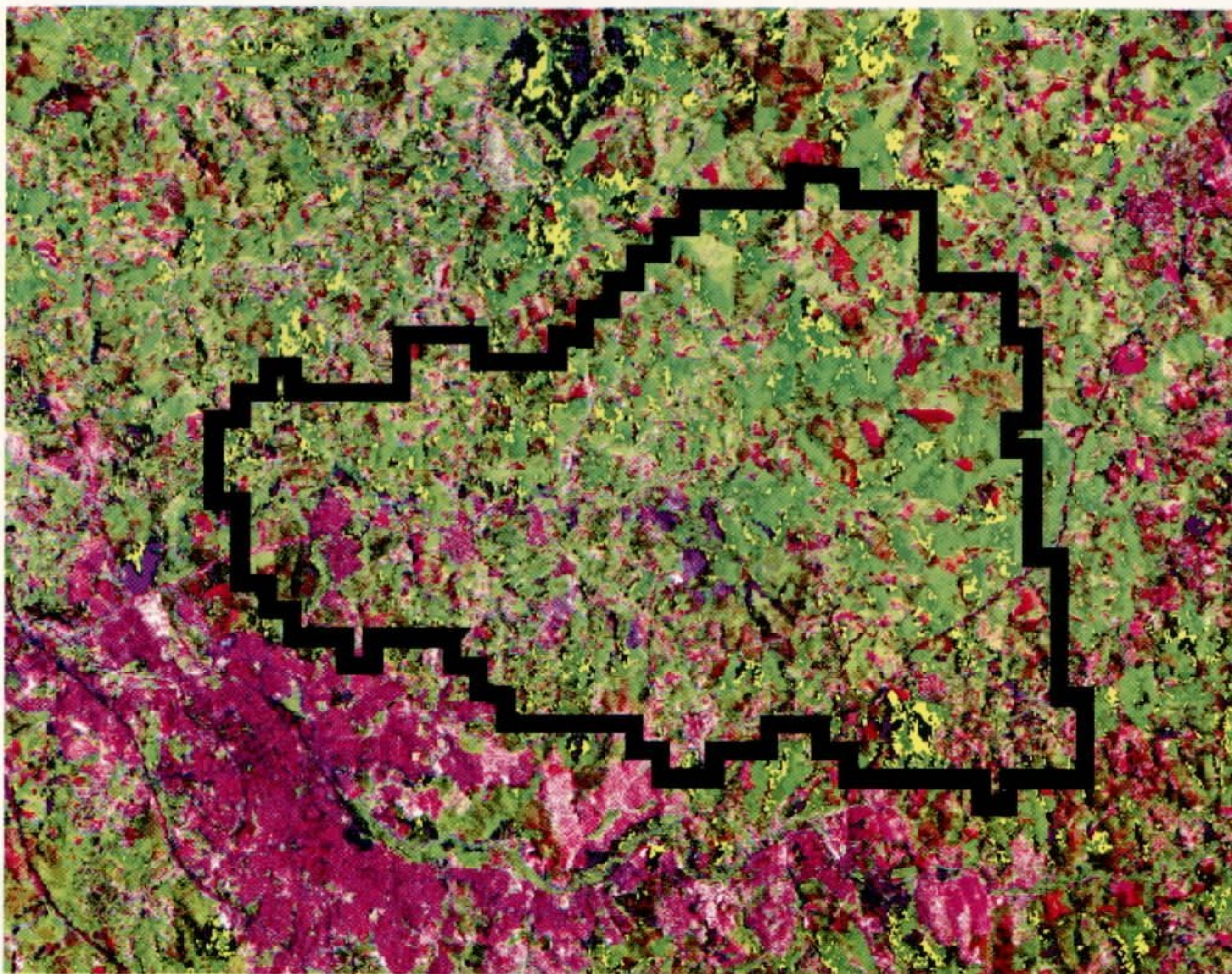
As dificuldades de classificação, com o pequeno número de bandas disponíveis, não permitiram que se obtivesse um detalhamento melhor: um maior número de classes. A resolução da imagem, com pixels de 30 x 30m, impediu a identificação de práticas agrícolas distintas. A época do ano em que a imagem foi tomada não encontrou as safras da bacia em seu período mais propício a uma maior identificação de diferentes culturas. No item 9 (Recomendações), voltar-se-á ao assunto.

4.1.3.8. Cálculo de parâmetros do AGNPS.

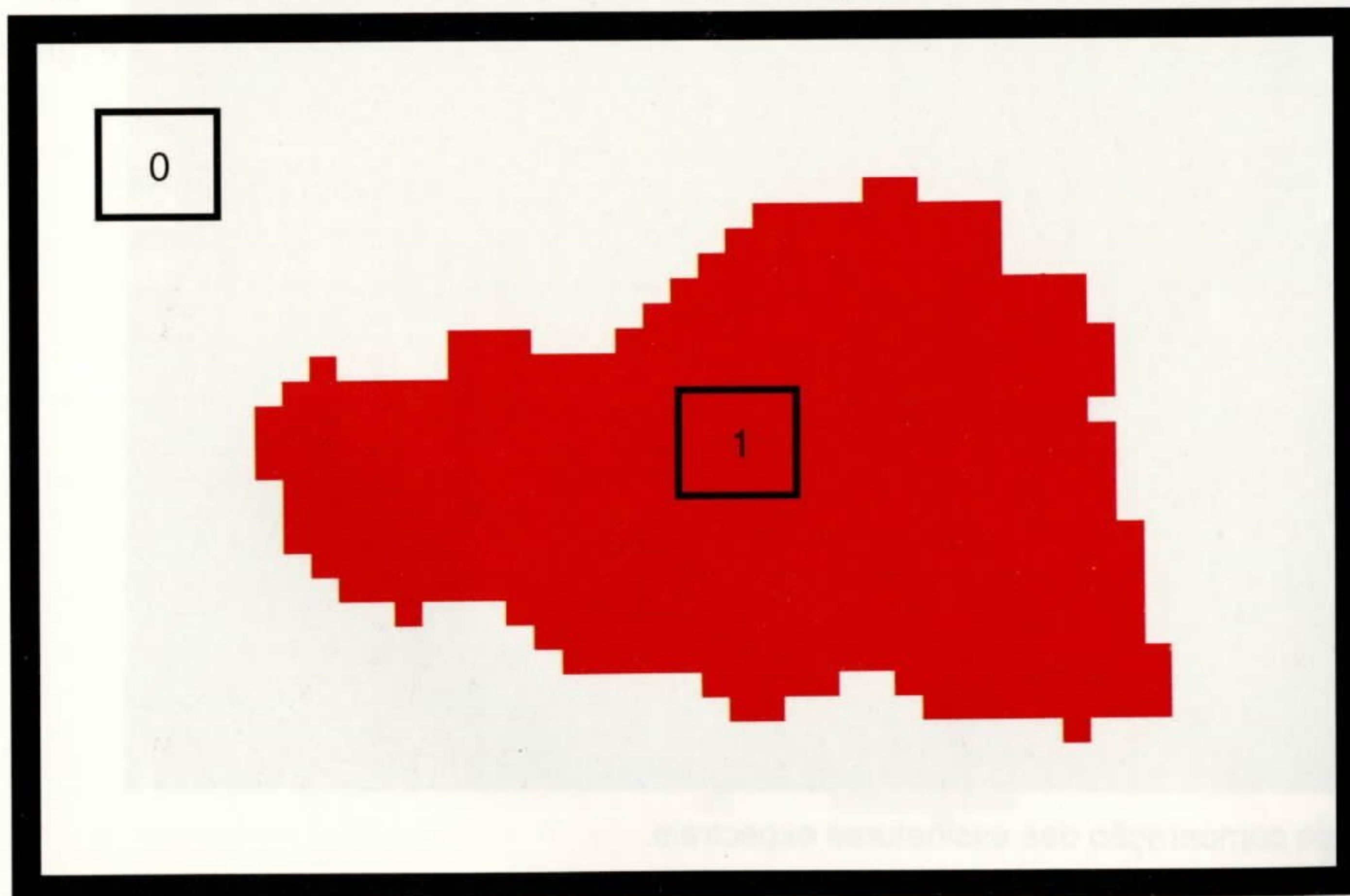
Depois de classificada a imagem, procedeu-se ao cálculo dos parâmetros do AGNPS que têm correlação direta com a extensão superficial da cobertura vegetal e uso da terra (os parâmetros do grupo A), realizado em duas etapas, às quais poderíamos denominar ATRIBUIÇÃO e AGREGAÇÃO.

4.1.3.8.1. Atribuição

Através da utilização do comando EDIT, criou-se um arquivo de valores de atributos, relacionando-se as classes da imagem já conhecida aos respectivos valores que o parâmetro que se deseja medir assume em cada área. Com esse arquivo de valores e o comando ASSIGN, criou-se uma nova imagem da bacia. Na imagem 5, apresenta-se um exemplo com a variável SCS CURVE NUMBER, parâmetro do AGNPS linha F da figura 12.



Img. 1 – A cidade de Jundiaí e o perímetro (AGNPS) da bacia do rio Jundiaí-Mirim.



Img. 2 – Bacia unitária (vermelho = 1; branco = 0).



Img.3 – Área da bacia do rio Jundiaí-Mirim inscrita no perímetro do modelo AGNPS.

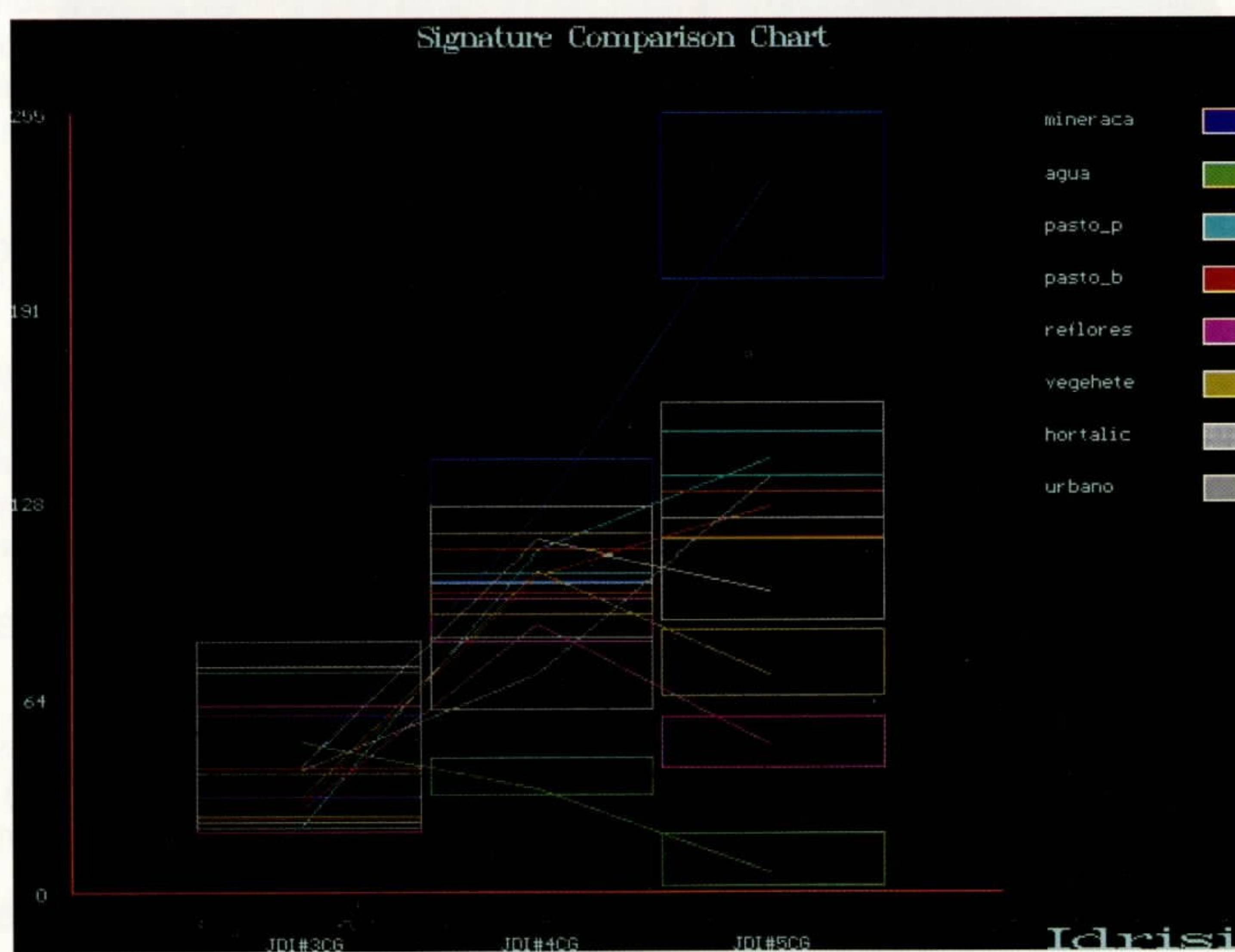
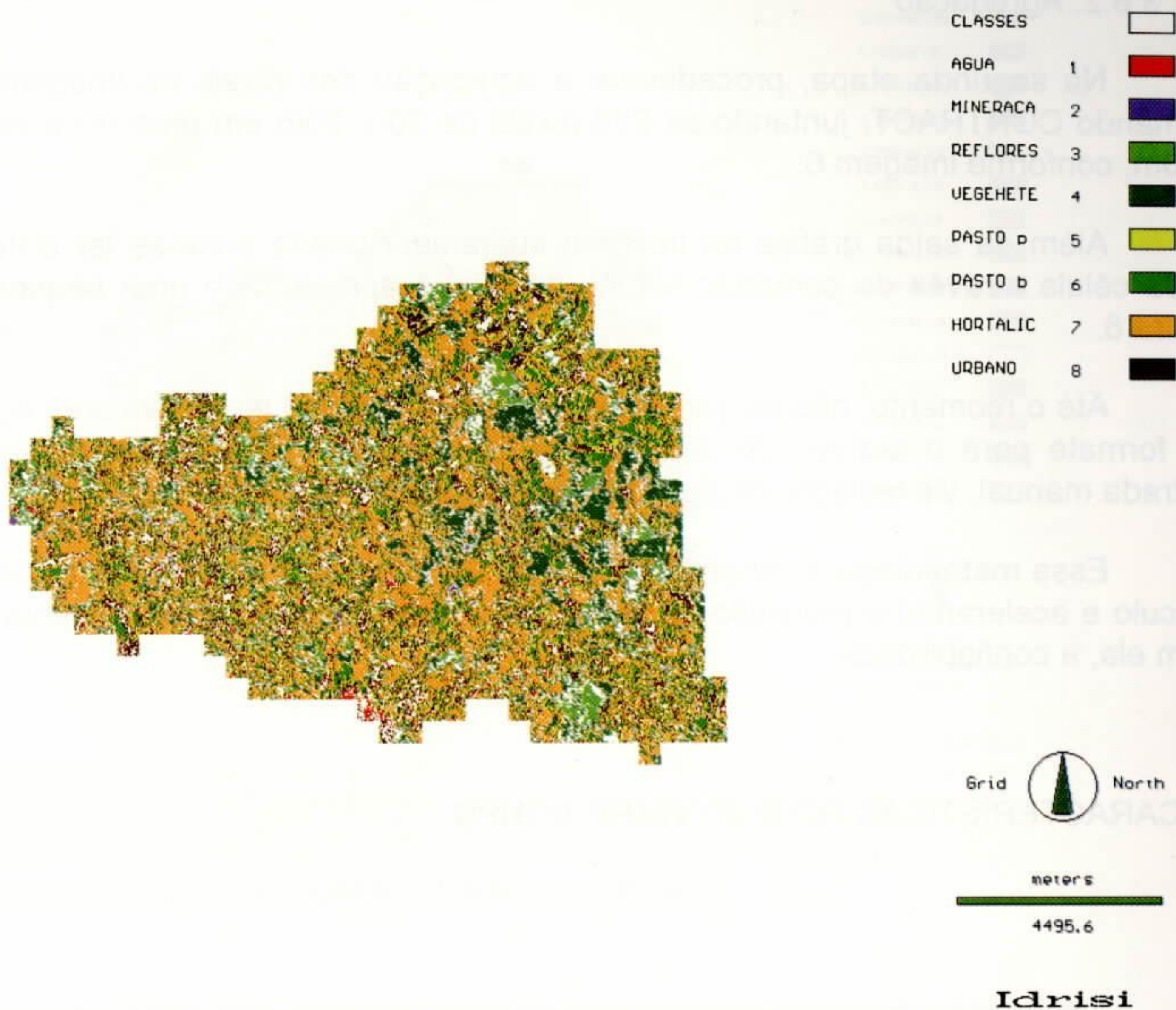


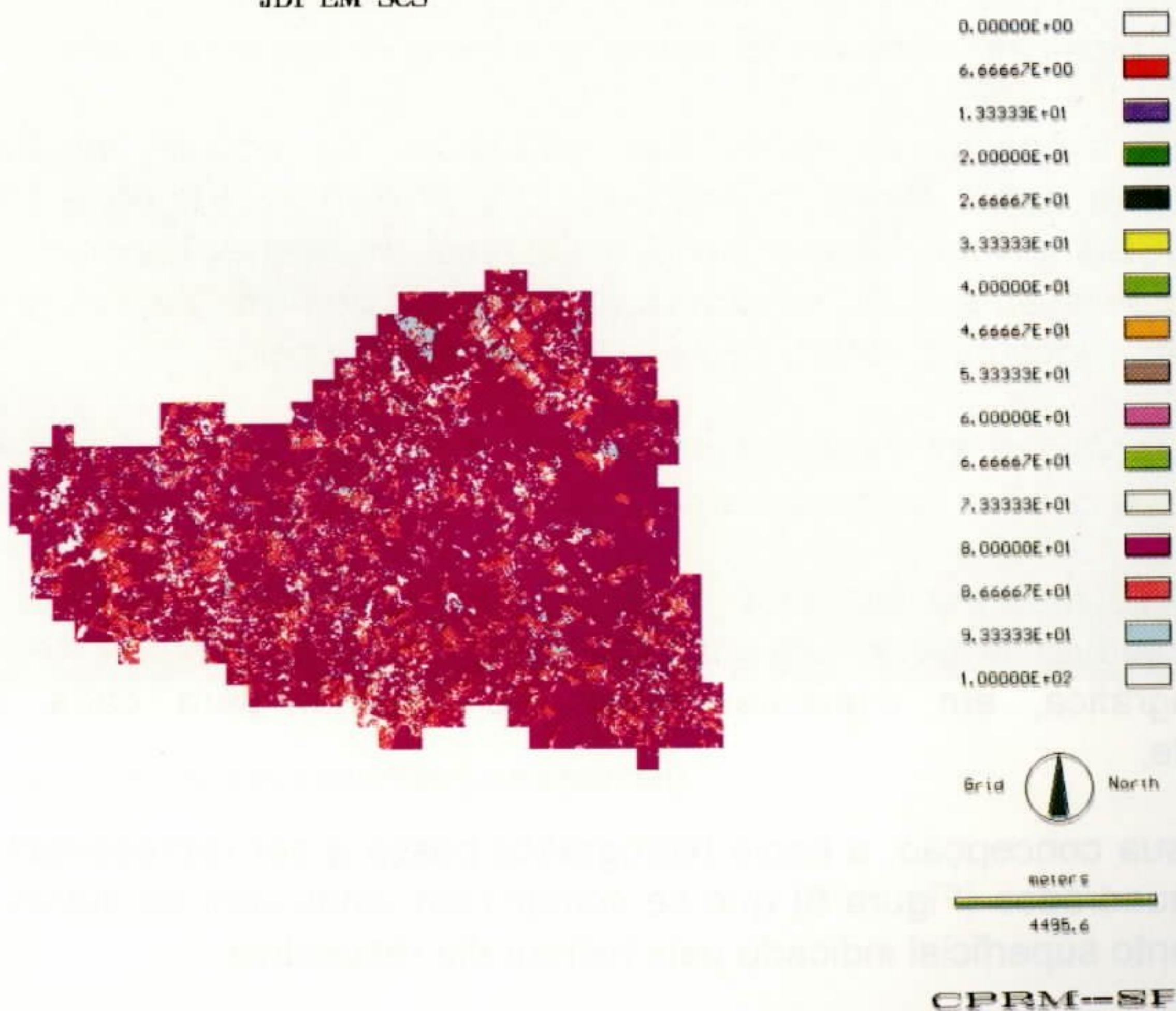
Figura 7 – Gráfico de comparação das assinaturas espectrais.

Perimetro AGNPS Classificado por Mindist



Img. 4 – Bacia do rio Jundiaí-Mirim classificada .

JDI EM SCS



Img. 5 – Valores da SCS curve number.

4.1.3.8.2. Agregação

Na segunda etapa, procedeu-se à agregação dos pixels da imagem usando-se o comando CONTRACT, juntando-se 256 pixels de 30 x 30m em uma nova célula de 480 x 480m, conforme imagem 6.

Além da saída gráfica da imagem supramencionada pode-se ler o valor médio de cada célula através do comando VIEW, do qual é apresentada uma pequena parcela na figura 8.

Até o momento, não se conhece algum *software* que leia os valores desse arquivo e os formate para o arquivo de dados do AGNPS. Para cumprir essa etapa, é feita uma entrada manual, via teclado, célula a célula, no AGNPS.

Essa metodologia é repetida para cada um dos parâmetros do grupo A, facilitando o cálculo e acelerando o processo de avaliação, ao tempo em que se aumenta a precisão e, com ela, a confiabilidade.

5. CARACTERÍSTICAS DO SOFTWARE AGNPS

O *software* AGNPS, obtido na Holanda em sua versão 3.5.1, foi escolhido pela sua capacidade de análise dos fenômenos de erosão, transporte de nutrientes (N, P, DQO), simulação de picos de escoamento líquido superficial e descarga sólida.

Simultaneamente ao início das atividades da equipe de trabalho, enviou-se correspondência aos autores do *software*, Drs. Robert A. Young e Charles A. Onstad, ambos da USDA – North Central Soil Conservation Research Laboratory, em Morris, MN, solicitando permissão de uso, ao que replicaram, mui gentilmente, enviando a mais recente versão (4.03b – agosto de 1994), seguida posteriormente pela 5.0.

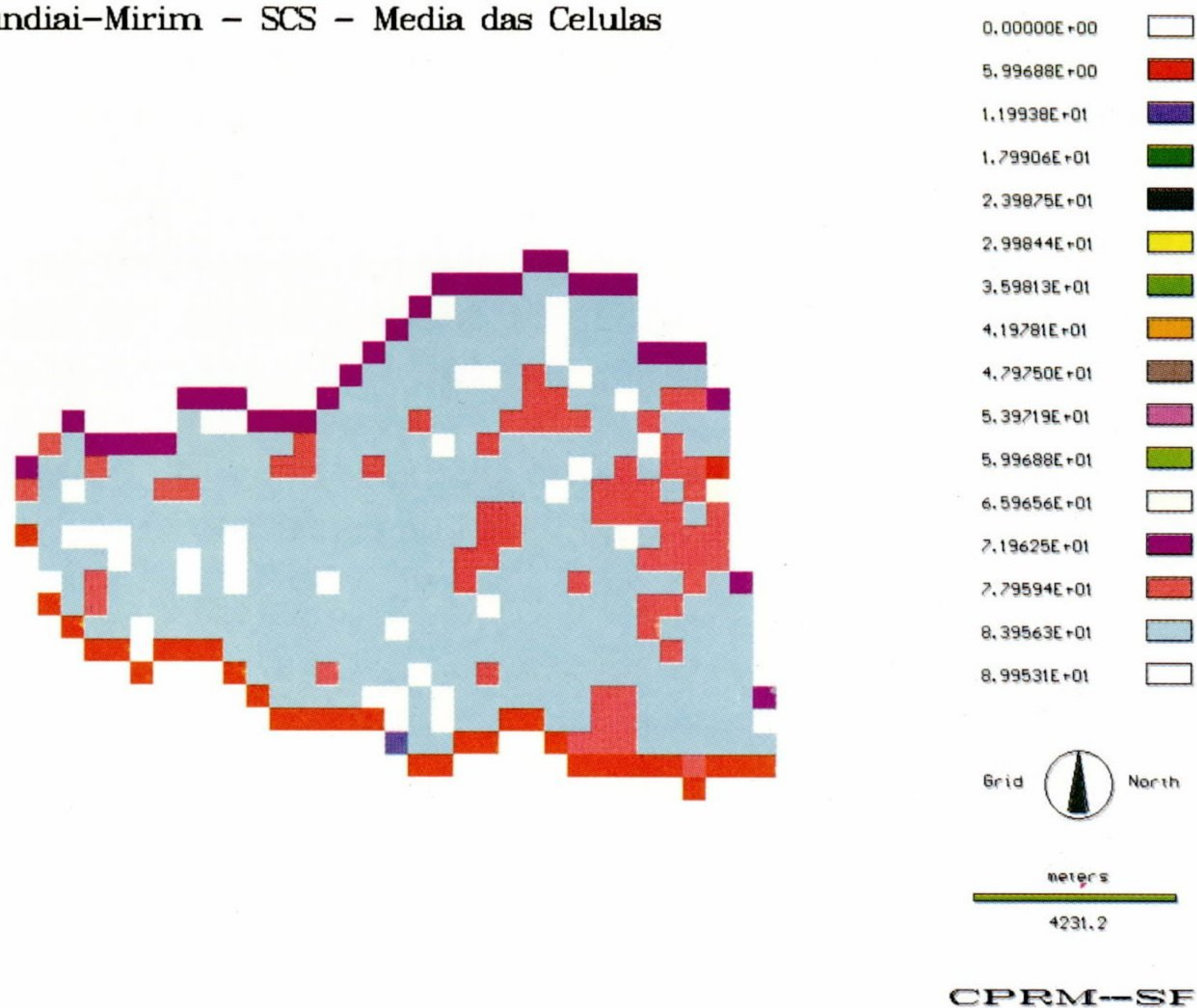
Esse *software* foi desenvolvido a pedido da Agência de Controle de Poluição de Minnesota, que o utiliza no monitoramento ambiental daquele estado americano.

Caracterizado por ser um modelo baseado em eventos, os resultados que dele se pode extrair são na forma de relatórios gráficos e de textos, que permitem a análise de uma bacia hidrográfica, em diferentes níveis de detalhe, para cada chuva introduzida isoladamente.

Em sua concepção, a bacia hidrográfica passa a ser representada por um conjunto de células quadradas (Figura 6) que se comunicam umas com as outras seguindo a lógica do escoamento superficial indicado pela hidrografia respectiva.

O tamanho das células deve ser tal que possa representar uma área, sob o ponto de vista de uso da terra e/ou cobertura vegetal, o mais homogênea possível.

Rio Jundiaí-Mirim - SCS - Media das Celulas



Img. 6 – Valores da SCS curve number – Médios por célula.

Idrisi																
IDRISI : Image Matrix View <HP Desk Jet> v.4.02																
r/c	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
14:	0.0	0.0	0.0	0.0	73.6	79.0	71.9	70.5	69.1	71.7	81.7	82.3	79.9	80.5		
15:	0.0	0.0	0.0	69.9	79.9	84.2	78.5	80.0	80.2	80.9	83.9	81.8	81.2	79.3		
16:	0.0	0.0	0.0	78.5	82.1	87.9	81.4	80.4	80.4	77.3	77.9	81.6	82.6	81.1		
17:	0.0	0.0	0.0	80.7	81.5	81.4	83.9	81.3	80.5	80.5	84.2	82.2	81.6	79.4		
18:	0.0	0.0	0.0	10.7	78.9	87.0	84.4	87.2	81.9	82.9	83.5	79.9	85.7	83.9		
19:	0.0	0.0	0.0	0.0	83.0	82.1	82.8	86.1	80.8	79.1	85.5	83.9	86.2	79.9		
20:	0.0	0.0	0.0	0.0	85.0	80.4	78.3	83.2	83.9	80.2	85.2	83.5	85.6	82.6		
21:	0.0	0.0	0.0	0.0	10.2	79.1	78.5	83.1	81.0	79.6	81.6	80.9	84.2	82.5		
22:	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.8	83.1	81.2	84.8	84.0	79.5	81.6	84.2	83.6		
23:	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	9.9	90.0	10.9	10.0	10.8	81.5	81.4		
24:	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.9	0.0	0.0	0.0	10.2	81.4		
25:	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.1		
26:	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
27:	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		

Press return to continue ... _

Figura 8 – Valores da SCS curve number (area parcial).

Vieux & Needham (1993) – comentam em um de seus trabalhos os resultados obtidos em uma análise de sensibilidade por eles produzida com a variação do tamanho das células utilizadas pelo AGNPS.

Entre muitas outras conclusões e recomendações, as quais se assemelham às emitidas pelos autores do programa, destaca-se aquela que recomenda um tamanho de célula que permita uma boa representatividade do comprimento do curso principal existente na bacia.

A dimensão utilizada na bacia do rio Jundiaí-Mirim (480 x 480m) reproduz esse comprimento em 94% do valor medido com as técnicas de uso de curvímetro em mapas na escala 1:50.000:

$$a - \text{comprimento via AGNPS (35 células x 480 m)} = 16.800 \text{ m}$$

$$b - \text{comprimento via curvímetro} = 17.870 \text{ m}$$

$$(a-b)/b = \text{discrepância} = -6\%$$

A área da bacia tem uma aproximação ainda maior:

$$c - \text{pelo AGNPS: } 476 \text{ células} \times (480 \times 480\text{m}) / \text{célula} = 109,6704\text{km}^2$$

$$d - \text{pelo IDRISI: função área sobre imagem da bacia} = 108,6543\text{km}^2$$

$$(c-d)/d = \text{discrepância} = +0,9\%$$

Os índices de representatividade são bastante satisfatórios.

A escolha da dimensão (480 x 480m) deveu-se à compatibilização das recomendações dos autores e dos técnicos supramencionados, com a interação, em unidades múltiplas (16 x), às dimensões dos pixels das imagens do LANDSAT TM (30 x 30m), tal como comentado no subitem 4.1.3.

Para um endereçamento mais preciso, uma célula poderá ser dividida em 4/4 (Figura 9 – célula 476). Cada 1/4 poderá ser ainda subdividido mais duas vezes, alcançando-se áreas quadradas com até 1/64 da área da célula original, recurso que permite posicionar, para o tamanho de célula escolhido, fontes pontuais de poluição ou lançamento de águas transpostas de outras bacias, em áreas de 60 x 60m.

Dependendo da memória do computador em que estiver rodando, o AGNPS poderá compor planilhas com 28.000 células (para 16 Mbytes de RAM), as quais, representando uma área máxima, indicada pelos autores em 1.000 acres (2.012 x 2.012m), permite a simulação de bacias hidrográficas de até 113.300km² (duas vezes a bacia do rio Paraíba do Sul).

5.1. A Chuva Erosiva

O evento de chuva modelado pelo AGNPS é introduzido na primeira tela de entrada de dados (Figura 10).



Figura 9 – Célula 476 subdividida três vezes.

Agnps		
<F1>-Help <F2>-Menu <F3>-Load <F4>-Save <F5>-Quit <F6>-Initial Data		
Cell N	6	7
Cell	00	000
Rec.	7	8
Rec.	00	000
Flow	3	3
SCS C	.0	83.0
Land	.1	61.7
Slope	2	3
Slope	00	200
Overl	48	0.048
K - F	50	0.50
C - F	00	0.0200
P - F	00	1.00
Surf	41	0.23
COD F	56	71
Soil	3	3
Ferti	0	0
Pesti	0	0
Point	0	0
Addit	0	0
Impou	0	0
Chann	1	1
INITIAL DATA		
Watershed Identification .. Bacia do Rio Jundiaí-Mirim		
Description Ponte do Niveloni		
Area of each cell (acres) 56.90		
Number of Cells 476		
Precipitation (inches) 1.77		
Nitrogen Concentration in Rainfall (ppm) 0.80		
Energy-Intensity Value 17.00		
OR		
Duration (hours) 0.0		
Storm Type (I,IA,II,III) 000		
Peak Flow Calculations (SCS-TR55/AGNPS) AGNPS		
Geomorphic Calculations (Yes/No) No		
Hydrograph Shape Factor (K Coef. / % Runoff) K Coef.		
K Coefficient 484.00		
<ESC> = Done		
F1>-Clear		
<AltF2>-Delete Cell <AltF3>-Divide Cell <AltF4>-Status <AltF5>-Print		

Figura 10 – Entrada dos parâmetros de erosividade.

Nas duas primeiras linhas, são introduzidos os parâmetros de identificação da bacia hidrográfica.

Na terceira linha, é digitada a área de cada célula ($480 \times 480\text{m} = 56,9$ acres).

A introdução do número de células na quarta linha cria, automaticamente, a planilha de entrada dos dados geomorfológicos e hidrológicos mencionados no item 5.

Na quinta linha, introduz-se a altura da chuva da qual se deseja modelar os efeitos, em polegadas.

A capacidade erosiva da chuva é considerada pela sua energia cinética, valor que pode ser lido nas curvas da figura 11, a seguir, que apresenta uma reprodução da figura 3.9, de Hudson (1989).

Conhecida a intensidade da chuva, em mm/h, calculada pelo método EI para os 30 minutos mais intensos, obtém-se, da figura 11, o valor da energia cinética em joules / ($\text{m}^2 \cdot \text{mm}$), valor que deve ser transformado para a unidade americana foot-tons/ acre.inch antes de ser lançado na sexta linha da tela apresentada na figura 10.

A segunda metade da tela deverá ser usada somente quando não se conhecerem todos os dados da chuva utilizada.

5.2. Planilha

A entrada dos dados para cada uma das células da bacia é feita na área de planilha do AGNPS, que tem a aparência da figura 12, a seguir. O preenchimento é bastante semelhante ao do *software* LOTUS 1-2-3, sendo cada célula da bacia representada por uma coluna da planilha.

As 22 linhas da planilha representam os seguintes parâmetros:

Nas quatro primeiras linhas introduzem-se os parâmetros de endereçamento; nas seguintes, as características geomorfológicas, hidrológicas e de fontes poluentes existentes em cada célula. A entrada de dados em 21 das 22 linhas de cada célula é feita diretamente pelo teclado, o que poderá, no futuro, ser melhorado por um programa de computador que importe dados de outros *softwares*.

Os parâmetros comuns a mais de uma célula da bacia podem ser repetidos com recursos de editoração das células da planilha, semelhantemente ao manejo da planilha LOTUS 1-2-3.

5.2.1. Parâmetros da planilha

Os dados de entrada na planilha representam as condições do solo, suas características de erodibilidade, a existência de fertilizantes e defensivos agrícolas no dia da chuva escolhida para o modelamento da bacia.

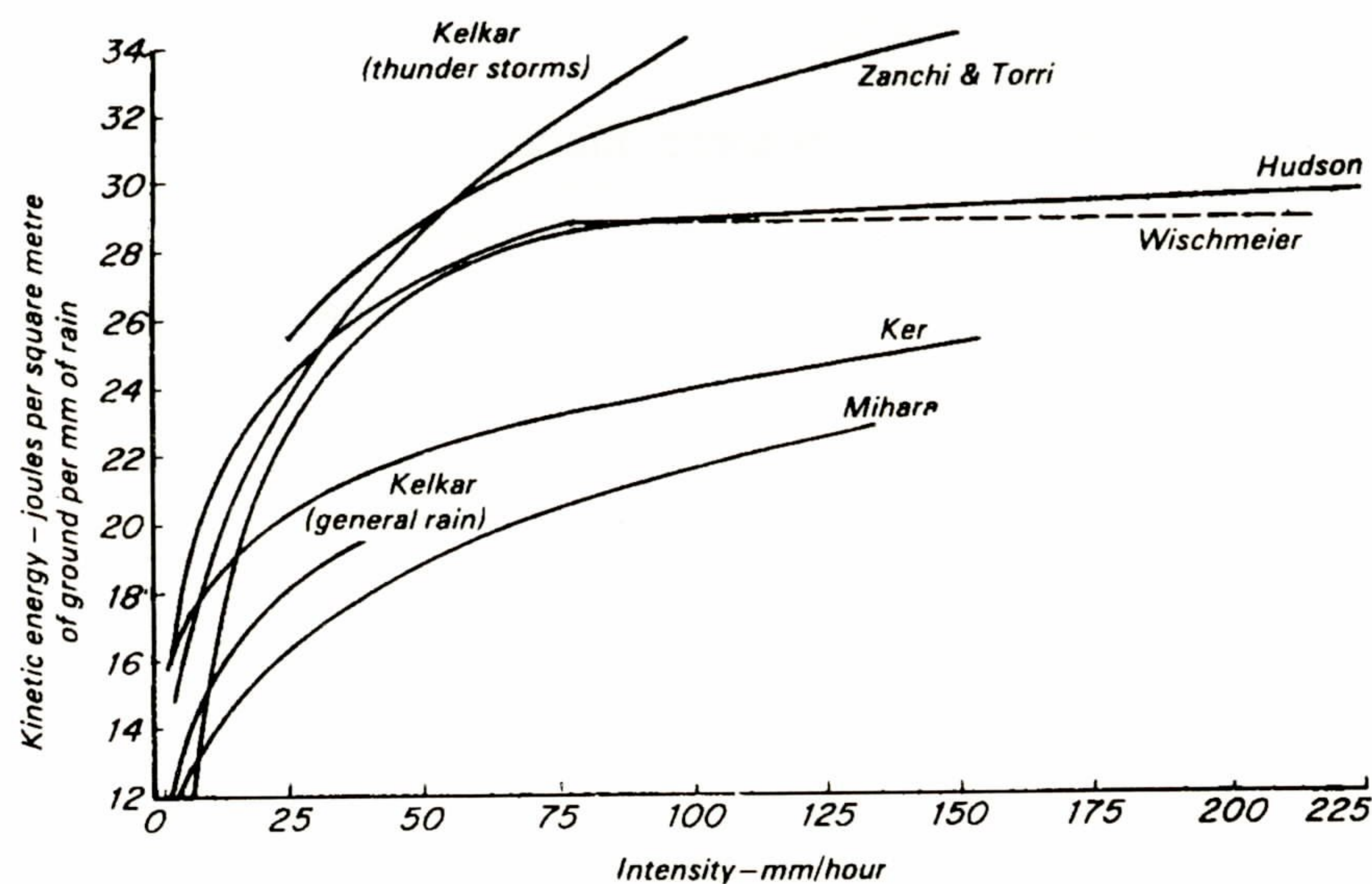


FIGURE 3.9 The relation between kinetic energy of rainfall and intensity. The full lines extend to the highest intensity recorded. The studies were carried out in different countries. HUDSON—Zimbabwe, KELKAR—India, KER—Trinidad, MIHARA—Japan, WISCHMEIER—United States, ZANCHI and TORRI—Italy.

Figura 11 – Correlação entre intensidade e energia cinética das chuvas.

AGNPS							
<F1>-Help <F2>-Menu <F3>-Load <F4>-Save <F5>-Quit <F6>-Initial Data							
Cell Number.....	1	2	3	4	5	6	7
Cell Division.....	000	000	000	000	000	000	000
Rec. Cell Number.....	7	8	14	3	14	7	8
Rec. Cell Div.....	000	000	000	000	000	000	000
Flow Direction.....	5	5	4	7	6	3	3
SCS Curve Number.....	70.0	69.0	70.0	68.0	69.0	69.0	83.0
Land Slope (%).....	80.0	60.0	99.9	99.9	68.8	84.1	61.7
Slope Shape.....	3	2	2	2	3	2	3
Slope Length (ft).....	200	200	200	200	200	200	200
Overland Manning's....	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048
K - Factor.....	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
C - Factor.....	0.0200	0.0200	0.0200	0.0200	0.0200	0.0200	0.0200
P - Factor.....	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Surf Cond Constant....	0.36	0.45	0.36	0.51	0.43	0.41	0.23
COD Factor.....	63	56	68	56	60	56	71
Soil Texture #.....	3	3	3	3	3	3	3
Fertilizer Indicator..	0	0	0	0	0	0	0
Pesticide Indicator...	0	0	0	0	0	0	0
Point Source Ind.....	0	0	0	0	0	0	0
Additional Erosion....	0	0	0	0	0	0	0
Impoundment Ind.....	0	0	0	0	0	0	0
Channel Indicator.....	1	1	1	1	1	1	1
<F7>-Go To <F8>-Copy Cell <F9>-Copy Row <F10>-Search Row <AltF1>-Clear							
<AltF2>-Delete Cell <AltF3>-Divide Cell <AltF4>-Status <AltF5>-Print							

Figura 12 – Entrada de dados de erodibilidade.

A – Cell Number	Endereço principal da célula. Valores entrados quando da informação da quantidade total das células que representam a bacia (linha 4 da figura 10).
B – Cell Division	Complemento de endereço quando se usa o recurso de subdivisão de uma célula.
C – Rec. Cell Number	Endereço da célula para a qual flui o escoamento líquido superficial dessa célula.
D – Rec. Cell Division	Complemento de endereço da célula indicada em C.
E – Flow Direction	É determinado pela topografia da célula e indica uma de oito possibilidades de fluxo entre a célula e as suas vizinhas (4 lados + 4 cantos).
F – SCS Curve Number	Parâmetro que identifica a reação da superfície do solo ao escoamento superficial da chuva.
G – Land Slope (%)	Declividade da superfície da célula na forma decimal (1,00 = 100%).
H – Slope Shape	Fator que identifica por: 1 / superfície uniforme, 2 / convexa, 3 / côncava.
I – Slope Length (ft)	Distância entre o início do declive e o ponto onde o fluxo se torna concentrado (máximo de 300 ft).
J – Overland Manning's	Coeficiente de rugosidade ao escoamento da superfície da célula.
K – Fator K	Fator de erodibilidade do solo usado pela equação universal de perda de solo para cálculos de erosão.
L – Fator C	Fator de Rotatividade de Culturas, usado também na equação universal de perda de solo. Um dos dois únicos fatores que podem ser alterados para futuras simulações com diferentes culturas.
M – Fator P	Fator de Prática Conservacionista, usado na equação universal de perda de solo. É o segundo dos dois fatores que podem ser alterados para futuras simulações com diferentes técnicas de arar o solo e prepará-lo em patamares, curvas de nível etc.
N – Surf. Cond. Constant	Valor baseado no uso da terra ao tempo da chuva erosiva para um ajustamento da velocidade de fluxo.
O – COD Factor	Valor da DQO (Demanda Química de Oxigênio) calculado para os usos existentes na célula.
P – Soil Texture	Textura do solo obtida do triângulo de tipos de solo (argila/silt/areia).

Q – Fertilizer Indicator	0 indica ausência e 1 significa a presença de fertilizante. A opção 1 abre automaticamente novos menus de escolha do tipo quantidade de fertilizante.
R – Pesticide Indicator	0 indica ausência e 1 significa a presença de pesticidas, abrindo automaticamente outros menus que permitem a qualificação e quantificação do pesticida utilizado.
S – Point Source Indicator	0 para ausência e 1 para abrir novos menus que permitam a indicação de fontes pontuais e respectivos aportes na célula de cargas poluentes, qualificadas e quantificadas, ou entradas d'água importadas de outras bacias.
T – Additional Erosion	Valor quantitativo (em tons) de sedimentos produzidos em voçorocas ou outras fontes (mineradores) durante o evento da chuva modelada.
U – Impoundment Indicator	0 para ausência e 1 para abrir novos menus que permitam a especificação de até 13 lagoas e seus dutos de liberação d'água que existam na célula.
V – Channel Indicator :	0 para ausência de canal na célula e 1 para abrir outros menus que permitam indicar o tipo de canal e suas características, para tornar possível o cálculo da erosão havida nas margens e leito do desse canal.

O preenchimento de todas as linhas e colunas é imprescindível para que o *software* rode normalmente. Em versão anterior (3.51), era possível obter-se um mapa da bacia com as direções de fluxo apenas com o preenchimento das cinco primeiras linhas da planilha, o que já não acontece com a versão 4.03.

6. RELATÓRIOS DE SAÍDA

A utilização dos *softwares* IDRISI e AGNPS na busca de uma caracterização das condições ambientais propicia a que se tenha relatórios de saída em ambos os programas.

Ainda que o IDRISI tenha sido usado como ferramenta para medida dos parâmetros de entrada no AGNPS, é possível, por seu intermédio, obterem-se relatórios gráficos e tabelas de valores de atributos mensuráveis espacialmente. Constitui-se, dessa forma, em uma segunda opção para produção de análises e relatórios comparáveis com os produzidos através do AGNPS, ou mesmo complementares.

6.1. Relatórios do IDRISI

A utilização do IDRISI para tratamento da imagem do LANDSAT caracterizada no subitem 4.1.3, permitiu a geração das imagens que neste relatório são identificadas pelas três letras "Img.", sempre seguidas de um número que representa a seqüência de apresentação.

Na condição de relatório complementar aos produzidos pelo AGNPS, pode-se incluir o estudo feito para identificação das áreas de risco de erosão. A intenção é despertar o interesse de verificação, por parte das autoridades competentes, das técnicas de plantio adotadas nessas áreas de risco, pois é do seu mau uso que decorrem os principais problemas de erosão e poluição.

Para mapeá-las, isolaram-se da imagem classificada (Img. 4) apenas as áreas de culturas (denominadas de CULTURAS.IMG). O passo seguinte constituiu-se na obtenção de uma imagem dos solos com declividade superior a 12% (DECLIVES.IMG), pois tal percentual indica a necessidade do uso de técnicas antierosão para exploração agrícola. O cruzamento dessas duas imagens permitiu o mapeamento das áreas de risco (CULTPROB.IMG), facilitando a sua quantificação em hectares e a respectiva localização. A preparação dessas duas imagens seguiu as seguintes rotinas.

6.1.1. Áreas de Culturas

Utilizando-se o comando RECLASS com a Img. 4, é possível produzir-se uma outra imagem à qual denominamos CULTURAS.IMG, na qual todas as culturas têm valor 1 e o que não for cultura, valor 0.

6.1.2. Declives superiores a 12%

A geração de uma imagem composta dos pixels que têm declividade superior a 12% começa com o arquivo vetorial das curvas de nível. O relato que se segue indica o caminho mais curto para se alcançar a imagem DECLIVES.IMG.

A figura 3 apresenta as curvas de nível restituídas na prefeitura de Jundiaí, somadas aquelas restituídas pela equipe do Núcleo de Geoprocessamento da Superintendência Regional de São Paulo (CPRM). Elas têm um limite de traçado pouco maior que o contorno da bacia hidrográfica do rio Jundiaí-Mirim, o que se constituiu em um grande problema. A solução ideal é ter as curvas de nível restituídas até uma extensão pouco maior que os limites de um retângulo envolvente à bacia hidrográfica. Essas curvas de nível, que neste projeto foram geradas no *software* MAXICAD, compuseram um arquivo tipo CAD em que cada cota apresentada fazia parte de um mesmo nível; em outras palavras, todas as curvas de nível de uma mesma cota, por exemplo, 800m, foram alocadas em um só nível, nesse caso identificado pelo nº 800.

Ainda no MAXICAD o arquivo vetorial (CURVAS.CAD) foi transformado em arquivo sequencial (CURVAS.SEQ). Essa mudança tornou-se necessária a fim de se aproveitar a disponibilidade do programa CONVERTE, concebido e produzido pelo Departamento de

Geoprocessamento (DEGEP) da CPRM, através do qual se converteu o arquivo seqüencial para o formato AUTOCAD (CURVAS.DXF).

Arquivos vetoriais *.DXF são importáveis pelo IDRISI, via comando DXFIDRIS, que os converte para o seu próprio tipo (CURVAS.VEC), bastando tão-somente usar-se o comando DOCUMENT para habilitar o seu uso e/ou visualização via COLOR/COLOR85.

O arquivo vetorial necessita ser transformado com o comando VAR2FIX para que se homogeneize o comprimento dos seus elementos em 80 bits, terminados com CR/LF, e, posteriormente, convertidos com o comando CONVERTE V no formato integer & binário.

O passo seguinte é transformar esse arquivo vetorial em uma imagem pelo uso dos comandos INITIAL e LINERAS, obtendo-se CURVAS.IMG. O comando INTERCON aplicado em CURVAS.IMG gera uma imagem, à qual poderemos denominar ALTITUDE.IMG, que é um modelo digital de elevações do solo, podendo ser visto com o comando COLOR/COLOR85. Desse arquivo ALTITUDE.IMG, obteve-se o arquivo DECLI.IMG, com a aplicação do comando SURFACE, opção declives.

O arquivo DECLI.IMG reúne todos os declives da bacia hidrográfica. A aplicação do comando RECLASS cria a imagem composta de 1 e 0 (DECLIVES.IMG), que separa as áreas com declividades superiores a 12%.

6.1.3. Culturas em áreas de risco

O derradeiro passo é o cruzamento, via comando OVERLAY, das imagens CULTURAS.IMG e DECLIVES.IMG para produção de CULTPROB.IMG (Img. 7). Nessa imagem temos, georreferenciadas e passíveis de quantificação pelo comando AREA, todas as culturas que se situam em áreas de risco de erosão excessiva, caso não se utilizem técnicas de proteção do tipo curvas de nível, platôs, patamares etc.

Esse mapeamento feito pelo IDRISI é complementar aos que se podem obter via AGNPS, sendo, todavia, mais detalhado, pois pode assumir dimensões bem menores que a unidade utilizada por esse último *software*, a célula de 480 x 480m.

A inspeção visual permite a rápida conclusão de que terras nessas condições estão espalhadas em toda a área de cultivo, o que prognostica um trabalho extenso de orientação aos lavradores na bacia.

6.2. Relatórios do AGNPS

Concluída a entrada de dados no AGNPS, o *software* permite uma verificação prévia do preenchimento com uma rotina que testa, inclusive e principalmente, a DIREÇÃO DE FLUXO, linha E – FLOW DIRECTION (Figura 12), emitindo mensagens de erro quando a lógica de fluxo e outras falhas são inadvertidamente introduzidas.

O comando RUN modela os dados introduzidos em três operações sequenciais ou estágios. No primeiro estágio todos os cálculos inerentes a cada célula são realizados. Nesses cálculos, incluem-se o *quantum* de erosão sofrida pela célula, volume de escoamento superficial, tempo necessário ao escoamento para tornar-se concentrado, o nível de poluentes solúveis que deixam a célula via escoamento superficial, o escoamento líquido superficial e os sedimentos oriundos de células com grandes áreas alagadas, os poluentes gerados em fontes pontuais, tais como estábulos de confinamento de gado.

No segundo estágio, são efetuados os cálculos do escoamento superficial que deixa as células alagadas e as taxas de geração de sedimento nas células primárias (aquelas para as quais nenhuma outra flui qualquer escoamento). Os sedimentos gerados são quantificados em cinco classes de tamanho de partículas: argila, silte, agregados finos, agregados grossos e areias.

No terceiro estágio, é feita a propagação de fluxo seguindo a drenagem. Efetuam-se os cálculos para estabelecerem-se as taxas de fluxo concentrado, a definição da capacidade de fluxo dos canais e das taxas de produção de sedimentos e nutrientes.

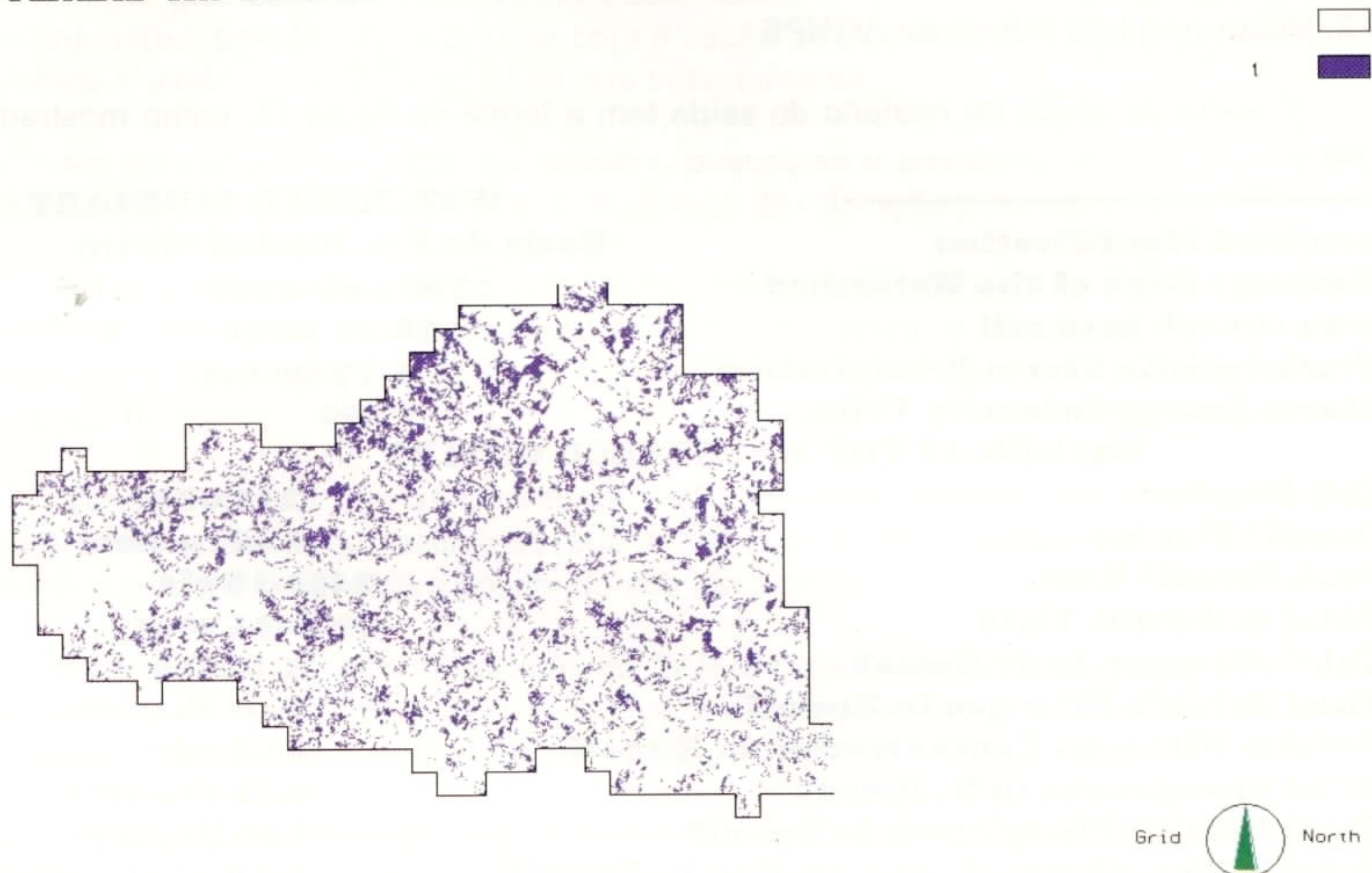
Concluído o terceiro estágio, o programa oferece duas opções de relatórios de saída: gráficos e tabelas.

6.2.1. Relatórios gráficos do AGNPS

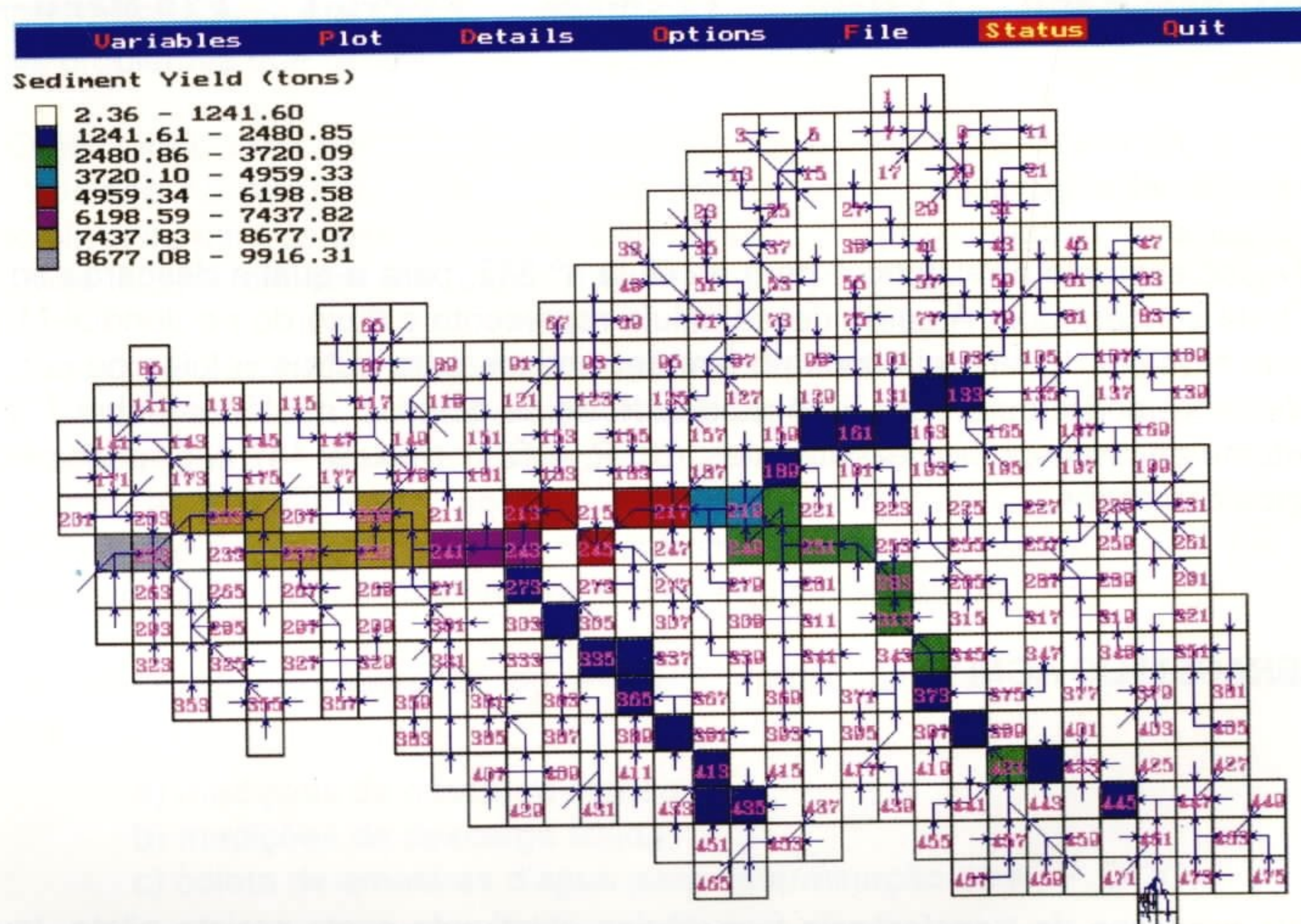
Na figura 13, a seguir, tem-se uma amostra do tipo de relatório gráfico capaz de ser produzido pelo AGNPS.

Nesse exemplo, escolheu-se uma variável para ser mapeada: a produção de sedimentos por célula apresentada em de tons. Ainda fazem parte desse mapa a identidade das células (números) e a direção de fluxo entre elas (vetores azuis). No total, podem ser combinados até 14 parâmetros à serem mapeados conforme os estudos que se queiram fazer. Cada parâmetro poderá ser especificado entre limites mínimo e máximo, permitindo ao analista um alto poder de especificação no momento da pesquisa.

Culturas em Declives >12% no Jundiaí-Mirim



Img. 7 – Áreas de risco de erosão.



PRODUCAO DE SEDIMENTOS

Figura 13 – Relatório tipo gráfico.

6.2.2. Relatórios tipo tabela do AGNPS

A segunda opção de relatório de saída tem a forma da figura 14, como mostrado a seguir.

WATERSHED SUMMARY	
Bacia do Rio Jundiai-Mirim	
 Drainage Area of the Watershed	27084.41 acres
 Area of each base cell	56.90 acres
 Characteristic Storm Precipitation	1.77 inches
 Storm Energy-Intensity Value	17.00
VALUES AT THE WATERSHED OUTLET	
 Cell Number	232 000
 Runoff Volume	0.45 inches
 Peak Runoff Rate	2450.18 cfs
 Total Sediment Yield	9916.31 tons
 Total Nitrogen in Sediment	1.64 lbs/acre
 Total Soluble Nitrogen in Runoff	0.00 lbs/acre
 Soluble Nitrogen Concentration in Runoff	0.00 ppm
 Total Phosphorus in Sediment	0.82 lbs/acre
 Total Soluble Phosphorus in Runoff	0.00 lbs/acre
 Soluble Phosphorus Concentration in Runoff	0.00 ppm
 Total Soluble Chemical Oxygen Demand	0.01 lbs/acre
 Soluble Chemical Oxygen Demand Concentration in Runoff	0.08 ppm
Display Report On Screen	
Esc-Toggle Menu F1-Help F2-Image F5-Print F10-Menu----	

Figura 14 – Relatório tipo tabela.

Nesse exemplo o relatório é para a célula nº 232, para a qual a descarga líquida da bacia é toda concentrada. A saída dessa célula representa o fluxo do rio Jundiaí-Mirim sob a ponte do Niveloni. Iguais relatórios podem ser obtidos para outras células ou com outros teores de informação, haja vista a possibilidade de se obterem relatórios sobre hidrologia, sedimentometria, transporte de nutrientes (N, P, DQO) (Figura 14) e granulometria dos sedimentos carregados.

7. CALIBRAGEM DO AGNPS

No processo de transferência tecnológica objetivado neste projeto piloto, teve-se a oportunidade de realizar uma simples calibragem do modelo quanto a sua capacidade de reprodução de vazão de pico.

Ainda que esse *software* tenha capacidades outras, conforme já detalhados nos itens anteriores, preocupou-se apenas com a vazão de pico por ser a única que poderia ser modelada e avaliada em campo, ainda que indiretamente.

Ao ser escolhida a ponte do Niveloni, buscou-se o primeiro ponto de construção do rio Jundiaí-Mirim, antes de ele formar o atual lago de captação pela represa do DAE.

Essa ponte, além das características hidrológicas bastantes razoáveis, oferece excelentes condições para trabalho noturno, havendo disponibilidade de energia elétrica para iluminação e uma boa altura sobre o nível d'água, inclusive em ocasiões de cheias.

Tendo em vista que as chuvas de verão, as mais intensas que ocorrem na bacia, iniciam no final da tarde, estima-se que entre 3 e 3 1/2 h após o início da chuva, o respectivo pico de cheia estará passando sob essa ponte.

Quando isso ocorrer, as equipes do DAE lá deverão estar para realizar as medições necessárias e as coletas de amostras d'água e descarga sólida que, levadas a laboratório, permitirão subseqüentes calibrações do modelo AGNPS.

As chuvas que deverão ser utilizadas para calibração deverão ter uma abrangência em toda a bacia e uma intensidade mínima de 25mm/h, pelo menos durante 30 minutos. Para facilitar a identificação desse evento foi instalado, pela CPRM, no centro geográfico da bacia, um pluviógrafo. O DAE obteve a colaboração de pessoas das redondezas para a operação desse aparelho registrador, as quais promovem a reposição dos gráficos produzidos, reabastecem de tinta o dispositivo traçador e produzem informação sobre eventuais problemas que ocorram com os equipamentos.

Objetivando uma conferência do trabalho de medição de descarga, a equipe do projeto, apoiada na estrutura de serviços do DAE, instalou uma seção de réguas junto à ponte do Niveloni para controle de cotas. Um morador das proximidades foi então orientado a fazer duas leituras diárias (as 7 e as 17 h).

Visando um trabalho apoiado em conferências que auxiliem na determinação do seu grau de confiabilidade, a equipe de serviços do DAE foi orientada em novembro/94 a instalar quatro réguas de máxima para registro do nível das águas em quatro seções do rio Jundiaí-Mirim a montante da ponte do Niveloni. Objetiva-se, nessa instalação, o acompanhamento da onda de cheia decorrente de eventuais chuvas intensas que ocorram em horário avançado, sem acompanhamento da equipe de campo.

No processo de calibração do AGNPS, várias medidas de campo deverão ser realizadas:

- a) medições de descarga líquida;
- b) medições de descarga sólida;
- c) coleta de amostras d'água para determinação de N, P, DQO.

Em uma primeira tentativa, essas medições deverão ser feitas na ponte do Niveloni. Detectando-se uma discrepância muito grande entre os resultados de laboratório e as medidas de campo, dever-se-á partir para um planejamento de diagnóstico setorizado por

afluentes do rio Jundiaí-Mirim, implantando uma rede de postos de observação para os parâmetros **a**, **b** e **c** supramencionados.

A medição de descarga calculada por método indireto (área x declividade), para uma chuva à qual se atribuiu a data de 13 de fevereiro de 1993, alcançou o valor de $72,3\text{m}^3/\text{s}$, bastante próximo dos $69,4\text{m}^3/\text{s}$ obtidos por simulação via AGNPS.

A execução desse processo de calibração dependerá da habilidade da equipe do DAE, que deverá obter proveito da orientação técnica da CPRM, quer no treinamento de pessoal, quer na indicação de equipamentos de laboratório de sedimentometria e de medida de nutrientes.

8. RESULTADOS ALCANÇADOS

A experiência adquirida pela equipe de desenvolvimento deste projeto permitiu reunir uma série de resultados, alinhados a seguir.

8.1. Prazo

Esta etapa de Implantação ocorre fora do prazo estimado (quatro meses) devido à inserção de diversos fatores, situação típica de projetos-piloto como este, que, além de tudo, está atravessando duas administrações do poder executivo.

8.2. Erosão

Das análises e estudos realizados, pode-se concluir que a bacia, possui áreas de risco de erosão que precisam ser inspecionadas e, posteriormente, recomendadas para alteração de práticas agrícolas. A imagem 7 fornece uma visão da distribuição espacial das áreas de risco, as quais ocupam uma superfície de 1.895ha, 61% da área de culturas na bacia.

8.3. Alcance de Objetivos

Os objetivos propostos pelas três entidades governamentais envolvidas no projeto foram, até o momento, atingidos parcialmente, conforme apresentado a seguir.

8.3.1. Dos Objetivos do DAE

8.3.1.1. A entidade municipal, até o momento, adquiriu um computador para dar apoio ao projeto em âmbito local, mas não tem conseguido um uso dedicado dessa máquina. Os softwares IDRISI e AGNPS ainda não estão sendo utilizados com a desenvoltura necessária ao seu pleno aproveitamento. Falta ao conjunto uma impressora colorida e uma mesa digitalizadora, ainda que disponíveis em outras áreas da prefeitura (Secretaria de Planejamento).

8.3.1.2. As equipes de escritório, campo e laboratório precisam ser equipadas e treinadas nas novas tarefas para que se atinjam os objetivos de CALIBRAÇÃO do modelo, sem o que não será possível quantificar:

- Erosão na bacia: fator de encurtamento da vida útil do atual e do futuro reservatório que, em breve, será construído na bacia;
- Nitrogênio e Fósforo em solução: elementos que, uma vez ingeridos, causam a redução da capacidade de oxigenação do sangue, promovendo doenças (cianose), principalmente em crianças na faixa de 0 a 6 meses de idade.

8.3.2. Dos objetivos da SMA/CPLA

8.3.2.1. O IDRISI e o AGNPS ainda não se transformaram em ferramentas de análise e quantificação de áreas cobertas pela Mata Atlântica, reflorestamentos e outros usos de competência de licenciamento pela SMA/CPLA, por falta de:

- equipamento alocado e das especificações recomendadas de quantidade de memória, placa de vídeo, tamanho de disco rígido, sistema operacional etc.;
- pessoal treinado no uso desses *softwares*.

8.3.2.2. O pessoal da SMA alocado à equipe do projeto, devido a uma dedicação em tempo parcial ao projeto e a ter sido reduzido a uma única pessoa na etapa atual, pouco participou da metodologia desenvolvida, não tendo ainda recebido o acervo de arquivos gerados com os programas de computador anteriormente mencionados.

8.3.3. Dos objetivos da CPRM

A CPRM, como entidade cedente de tecnologia, consagra como um ganho real os progressos realizados até o momento. As etapas cumpridas foram apresentadas em dois eventos: I Seminário de Qualidade das Águas Continentais do MERCOSUL, realizado em Porto Alegre (RS) em dezembro de 1994, no IPH da UFRGS e VII Simpósio sobre Recursos Naturais e Meio Ambiente realizado no Rio de Janeiro (RJ) em junho de 1995; na sede da Petrobrás.

Os objetivos da SMA e do DAE, que até o momento não foram alcançados são também contabilizados pela CPRM como metas deste projeto-piloto que devem ser perseguidas, para que os benefícios à população de Jundiaí e aos agricultores da bacia do rio Jundiaí-Mirim, decorrentes da correta e integral implantação dessas técnicas, sejam colhidos no mais curto espaço de tempo.

9. RECOMENDAÇÕES

A seguir apresentamos os procedimentos que ainda faltam ser implementados, para que se atinja um nível de operacionalidade no âmbito do interesse das três entidades participantes deste projeto.

9.1. Ao DAE

Cumprida a etapa de implantação do projeto, ainda que com fases incompletas, as providências recomendadas a seguir inserem-se no que chamaríamos Etapa de Calibração.

Nessa etapa, o DAE deverá incumbir-se de todas as iniciativas no sentido de:

- implantar rede hidrométrica de observação;
- adquirir equipamentos de medida de parâmetros para cálculo da descarga sólida e de qualidade d'água: N, P, DQO;
- treinar pessoal;
- operar as estações hidrométricas e de qualidade d'água;
- atualizar dados da bacia com inspeções de campo;
- acompanhar fenômenos hidrológicos em tempo real;
- calibrar AGNPS.

Na etapa de Manutenção Permanente, subsequente ao final da etapa de Calibração, caberá ao DAE e à SMA uma ação coordenada no sentido de obterem o apoio de outras entidades, como a Casa da Agricultura, CETESB e outras que possam colaborar no convencimento e na orientação técnica aos agricultores da bacia no sentido de mudanças de prática agrícola, ou mesmo de culturas, para redução da erosão e da poluição.

‘Durante a Manutenção Permanente, o DAE deverá:

- manter controle atualizado sobre a bacia com regulares aquisições de imagens de satélite tomadas nos meses de abril a junho, época de melhor cobertura vegetal para as culturas atualmente existentes na bacia;
- ampliar a rede hidrométrica para melhor conhecer e identificar as fontes erosivas e de poluição;
- aprimorar a capacidade técnica de sua equipe hidrológica com cursos para todos os níveis (do auxiliar braçal ao engenheiro);
- equipar e atualizar laboratório de sedimentometria e de análise de nutrientes;
- treinar equipe de laboratório nas medições de N, P e DQO, assim como nas determinações granulométricas das amostras de sedimento.

Em qualquer etapa, o DAE poderá contar com o apoio técnico da CPRM.

9.2. À SMA

O monitoramento periódico da bacia do rio Jundiaí-Mirim exigirá a aquisição sistemática de imagens para medidas do uso e ocupação do solo. O DAE também fará aquisições da imagem identificada como:

LANDSAT TM ÓRBITA: 219; PONTO: 76; QUADRANTE: W

As recomendações cabíveis são:

- aquisição de imagens em todas as bandas, exceto a banda 6, para que estudos mais aprofundados permitam uma melhor classificação das feições imageadas;
- treinamento de uma equipe permanente para atualização dos estudos de monitoramento periódico de APAs;
- aquisição de *softwares* mais capazes, já disponíveis no mercado, para obtenção de uma cartografia melhor elaborada do que a obtível via IDRISI (por exemplo, ENVI);
- uso de mapas pedológicos para coleta de dados de textura dos solos; na falta desses mapas, há que se incluir, no âmbito do projeto, a produção dessas cartas, aumentando-se a equipe com a incorporação de um pedólogo;
- desenvolvimento de um relacionamento técnico-administrativo com a Casa da Agricultura, se ainda não existente, no sentido de com aquela entidade formular estratégia de orientação aos agricultores da bacia na correção de técnicas agrícolas e/ou substituição de culturas. A competência daquela entidade não está

aqui sendo subestimada. O que se pretende é oferecer-lhes essa nova ferramenta de análise e de quantificação de perdas de solo, Nitrogênio, Fósforo, fatores básicos na produtividade agrícola, e que por isso se constituem em fortes argumentos suasórios quando se pretende a adoção de novas práticas que impliquem gastos iniciais e trocas de práticas agrícolas por parte dos agricultores da bacia.

- incorporação de representantes da CETESB à equipe de estudos para prover subsídios às ações de quantificação e controle de poluição, havidas e por implementar, no âmbito da bacia; acompanhar a equipe em trabalho de campo quando da coleta de parâmetros, colaborando na identificação e quantificação das fontes poluidoras, pontuais e/ou difusas.

9.3. À CPRM

Para uma efetiva transferência de tecnologia, há que se aperfeiçoar o modelo utilizado no Projeto Gerenciamento da Bacia do Rio Jundiaí-Mirim.

Caberia recomendar a adoção das seguintes medidas para uma efetiva absorção da metodologia pela entidade local, no caso o DAE:

- as tarefas de calibragem do modelo AGNPS deveriam, ao longo da primeira temporada de chuvas, ficar a cargo das equipes da CPRM. Obviamente que os custos decorrentes deveriam ser reembolsados de alguma forma. Com esse procedimento, estar-se-ia estimulando as equipes locais a mais rapidamente absorverem as técnicas mencionadas no subitem 9.1, evitando-se perda de tempo, como a havida neste projeto, em que toda a temporada de chuvas de 94/95 foi perdida.
- ampliar as técnicas até então desenvolvidas, com a inclusão da correção geográfica das restituições da hidrografia, uso e ocupação do solo, obtidas da fotointerpretação, antes da montagem dos respectivos mosaicos de bacia. Dessa forma, haverá maior precisão no posicionamento intermediário das feições restituídas, habilitando uma posterior cartografia comparável com bases tradicionais.
- reunir, em universidades e centros de pesquisa, parâmetros técnicos referentes a culturas típicas brasileiras, adubos e fertilizantes nacionais e práticas agrícolas regionais. A tarefa de calibração do modelo AGNPS tornar-se-á mais fácil e precisa quando tais conhecimentos estiverem sistematizados.
- assumir, com a entidade local que implantar tais técnicas (no projeto, o DAE), as tarefas de aquisição e implantação do laboratório sedimentométrico e de qualidade d'água, assim como o treinamento do pessoal de campo, escritório e laboratório, repassando os custos respectivos ao usuário final. Evidentemente que a dimensão desses laboratórios seria a mínima necessária à execução das análises requeridas pela calibração do modelo AGNPS, assim como o nível de

treinamento de pessoal seria na proporção da captação dos conhecimentos indispensáveis à operação do instrumental de campo e laboratório implantados, pressupondo-se uma seleção prévia de pessoal. Objetiva-se dessa maneira, facilitar a implantação das rotinas de calibração do AGNPS, oferecendo conhecimento especializado e concentrado, adequado às necessidades do usuário final, com o que estar-se-á contribuindo para eliminar a última barreira tecnológica a uma efetiva implantação dessas técnicas em caráter permanente e sistemático.

- obter junto à Agência de Controle de Poluição do estado americano de Minnesota maiores informações sobre a implantação do AGNPS como *software* padronizado para todo o estado. A experiência de implementação desses serviços, seus bancos de dados e recomendações poderão simplificar e suprimir etapas no processo interno ao nosso território. Essa recomendação, ainda que aqui expressa, já foi aceita e será implementada pelo Coordenador no Núcleo de Geoprocessamento da Superintendência Regional da CPRM.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARONOFF, Stan. *Geographic information systems: a management perspective*. Ottawa, Canadá: WDL Publications, 1989, 294p.

ENVIRONMENTAL STUDIES BOARD *Nitrates : an environment assessment*. Washington, D.C.: National Academy of Sciences, 1978, 721p.

HUDSON, NORMAN *Soil conservation london* - UK: B.T. Batsford Limited. 1989, 324p.

SABINS, Jr. & FLOYD, F. *Remote Sensing*. New York: W.H. Freeman and Company, 1986. 449p.

VIEUX, Baxter E. & NEEDHAM, Scott *Nonpoint polution model sensitivity to grid-cell size* ASCE Journal of Water Resources Planning and Management - Vol. 119, nº 2, Mar./Abril 1993.

YOUNG, Robert A. *AGNPS User's Guide* Morris, MN - USA 1994, 106p.

SEDE

SGAN - 603 - Módulo "I" - 1º andar
Telefones: (061) 312.5252 - (061) 312.5253 (PABX)
Telex: 611355 - Fax: (061) 225.3985
CEP 70830-030 - Brasília - DF

Escritório do Rio de Janeiro

Av. Pasteur, 404 - Urca
Telefones: (021) 295.5337 - (021) 295.0032 (PABX)
Telex: 2122685 - Fax: (021) 295.6347
CEP 22290-240 - Rio de Janeiro - RJ

Diretoria de Geologia e Recursos Hídricos

Telefones: (021) 295.6647 - (021) 295.0032 (PABX)
Fax: (021) 542.3647

Departamento de Geologia

Telefone: (021) 295.5897
Fax: (021) 295.6347

Centro de Documentação Técnica

Telefones: (021) 295.5897 - (021) 295.5997 - (021) 295.0032
r. 250/389
Fax: (021) 295.6347

UNIDADES OPERACIONAIS

Superintendência Regional de Belém

Av. Dr. Freitas, 3645 - Marco
Telefones: (091) 226.0016 - (091) 226.6066 (PABX)
Telex: 911149 - Fax: (091) 226.0016
CEP: 66095-110 - Belém - PA

Superintendência Regional de Belo Horizonte

Av. Brasil, 1731 - Funcionários
Telefones: (031) 261-3037 - (031) 261.5977 (PABX)
Telex: 311011 - Fax: (031) 261.5585
CEP: 30140-002 - Belo Horizonte - MG

Superintendência Regional de Goiânia

Rua 148, 485 - Setor Marista
Telefones: (062) 281.1709 - (062) 281.1522 (PABX)
Telex: 622157 - Fax: (062) 281.1709
CEP: 74001-970 - Goiânia - GO

Superintendência Regional de Manaus

Av. Carvalho Leal, 1017 - Cachoeirinha
Telefones: (092) 622.4387 - (092) 622.4723 (PABX)
Telex: 922265 - Fax: (092) 622.2977
CEP: 69065-001 - Manaus - AM

Superintendência Regional de Porto Alegre

Rua Banco da Província, 105 - Santa Tereza
Telefones: (051) 233.4643 - (051) 233.7311 (PABX)
Telex: 511062 - Fax: (051) 233.7772
CEP: 90840.030 - Porto Alegre - RS

Superintendência Regional de Recife

Av. Beira Rio, 45 - Madalena
Telefones: (081) 228.2988 - (081) 227.0277 (PABX)
Telex: 811368 - Fax: (081) 228.2142
CEP: 50610-100 - Recife - PE

Superintendência Regional de Salvador

6a. Avenida do Centro Administrativo da Bahia
Estrada da Sussuarana, 2862
Telefones: (071) 371.2835 - (071) 230.9977 (PABX)
Telex: 711182 - Fax: (071) 371.4005
CEP: 41213-000 - Salvador - BA

Superintendência Regional de São Paulo

Rua Domingos de Moraes, 2463 - Vila Mariana
Telefones: (011) 575.2094 - (011) 549.1133 (PABX)
Fax: (011) 549.1565
E-Mail: cprm_sp@eu.ansp.br
CEP 04035-000 - São Paulo - SP

Residência de Fortaleza

Av. Santos Dumont, 7700 - 4º andar - Papicu
Telefones: (085) 265.1726 - (085) 265.1288 (PABX)
Fax: (085) 265.2212
CEP: 60150-163 - Fortaleza - CE

Residência de Porto Velho

Av. Lauro Sodré, 2561 - Bairro Tanques
Telefones: (069) 221.5435 - (069) 223.3544 (PABX)
Telex: 692124 - Fax: (069) 221.5435
CEP: 78904-300 - Porto Velho - RO

Residência de Terezinha

Rua Goiás, 312 - Sul
Telefones: (086) 222.6963 - (086) 222.4153 (PABX)
Telex: 862141 - Fax: (086) 222.6651
CEP: 64001-570 - Terezina - PI

Núcleo de Divulgação

Av. Brasil, 1731 - Funcionários
Telefones: (031) 261.4300 - (031) 261.5977 - r. 58 (PABX)
Telex: 311011 - Fax: (031) 261.5585
CEP: 30140.002 - Belo Horizonte - MG