

# **ANÁLISE AMBIENTAL**

## **estratégias e ações**



**Sâmia Maria Tauk-Tornisielo**  
**Nivar Gobbi**  
**Celina Foresti**  
**Solange Terezinha Lima**  
**organizadores**



**unesp**

## D. GERENCIAMENTO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS COM APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO

MARIO VALERIO FILHO<sup>(1)</sup>

### 1. Introdução

A intensificação da pressão de exploração agro-silvo-pastoril no território brasileiro tem suscitado a atenção da sociedade, em especial, dos segmentos diretamente ligados ao planejamento agrícola e ambiental, face as significantes alterações que têm provocado nos cenários naturais.

Neste contexto, as atividades agropecuárias são reconhecidas como principal vetor de transformações de maior amplitude, por constituírem fontes potenciais de distúrbios sobre o meio ambiente, fundamentalmente quanto à modificações de elementos componentes da estrutura física dos ecossistemas e das de paisagem como um todo. Uma das alternativas que se apresenta para subsidiar políticas voltadas às soluções destes problemas é a adoção de estudos integrados ao nível de bacias hidrográficas.

Inúmeras são as propostas metodológicas para a investigação do ambiente. A partir da década de 60, iniciaram-se várias tentativas de ações integradas de investigação de sistemas ecológicos complexos. Uma destas proposições refere-se na técnica de superposição de mapas temáticos. Informações descritivas do ambiente, traduzidas na forma de mapas, eram superpostos manualmente, procurando-se o reconhecimento e caracterização de unidades estruturais básicas.

Apesar de factível, esta metodologia é condicionada por limitações físicas quanto ao número de mapas passíveis de superposição simultânea, e apresenta uma certa fragilidade quando comparada à uma abordagem empírico-analítica quantitativa.

A partir da década de 70 avanços tecnológicos relativos à aquisição e armazenamento de informações propiciaram um progresso expressivo na implementação de estudos integrados. Neste sentido, a disponibilidade de dados de sensoriamento remoto ao nível orbital através do sistema Landsat (a partir de 1972) e, mais recentemente, o sistema SPOT, e de estruturas computacionais auxiliares como os sistemas de tratamento de imagens digitais e de informação geográfica, permitiram uma maior agilidade na coleta de dados e análise integrada das informações ambientais.

Face ao grau de desenvolvimento e a importância assumida por estas tecnologias, serão apresentados neste documento, alguns aspectos metodológicos da utilização conjunta de dados de sensoriamento remoto e sistemas de informação

---

(1) INPE - São José do Campos (SP)

© Centro de Estudos Ambientais da Universidade  
Estadual Paulista – UNESP. Rio Claro, SP

Os textos são de responsabilidade única e  
exclusiva de seus autores

*Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)*  
(*Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil*)

Análise ambiental : estratégias e ações / Sâmia Maria Tauk-  
Tornielo ... [et al. ; prefácio José de Ávila Aguiar Coimbra].  
— São Paulo : T.A. Queiroz | Fundação Salim Farah Maluf ;  
Rio Claro, SP : Centro de Estudos Ambientais – UNESP, 1995.

Outras autoras: Nivar Gobbi, Celina Foresti, Solange  
Terezinha de Lima.  
Bibliografia.

ISBN 85-7182-051-1

1. Desenvolvimento econômico – Aspectos sociais 2.  
Ecologia – Brasil – Aspectos sociais 3. Ecossistemas 4. Impacto  
ambiental – Estudos 5. Política ambiental 6. Qualidade  
de vida I. Tauk-Tornielo, Sâmia Maria, II. Gobbi, Nivar. III. Foresti,  
Celina. IV. Lima, Solange Terezinha de. V. Coimbra, José de Ávila Aguiar.

95-0406

CDD-304.2

*Índices para catálogo sistemático:*

1. Ambiente e planejamento : Geografia humana 304.2  
2. Política ambiental : Ecologia : Sociologia 304.2

Editoração e produção gráfica:  
Reginaldo César Bortolin  
Jorbson Antonio Giovanni

*Direitos desta edição reservados*  
T.A. QUEIROZ, EDITOR, LTDA.  
Rua Joaquim Floriano, 733-9º  
04534-904 São Paulo, SP

1995

Impresso no Brasil

## APOIO

ABRACAL - Associação Brasileira de Calcário  
AREX - Assessoria de Relações Externas da UNESP  
BANESPA - Banco do Estado de São Paulo S.A.  
CATI - Coordenadoria de Assistência Técnica Integral  
CELPV - Cia. Votorantim de Celulose e Papel  
CESP - Cia. Energética de São Paulo  
CETESB - Cia. de Tecnologia de Saneamento Ambiental  
CHAMPION - Papel e Celulose Ltda.  
Eucatex S.A. Ind. e Com.  
FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo  
FEPASA - Ferrovia Paulista S.A.  
Fundação Banco do Brasil  
Fundação Salim Farah Maluf  
IB - UNESP - Instituto de Biociências  
IGCE - UNESP - Instituto de Geociências e Ciências Exatas  
Instituto de Zootecnia do Estado de São Paulo  
Instituto Florestal  
IPAR - Indústria de Papel Ararense  
PETROBRÁS - Petróleo Brasileiro S.A.  
Prefeitura Municipal de Rio Claro  
PROEX - Pró-Reitoria de Extensão Universitária e Assuntos Comunitários  
SABESP - Saneamento Básico do Estado de São Paulo  
Secretaria de Agricultura e Abastecimento  
Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo  
UNIMED do Brasil

geográfica no gerenciamento de bacias hidrográficas, bem como alguns resultados práticos obtidos em trabalhos realizados no Estado de São Paulo.

## **2. Gerenciamento de bacias hidrográficas: Aspectos metodológicos e aplicações**

O manejo de bacias hidrográficas deve ser entendido como um conjunto de procedimentos resultante de trabalho integrado, multi e interdisciplinar, que deve ser conduzido para identificar e indicar opções de solução aos problemas que alteram os sistemas ambientais, que na maior parte dos casos conduzem à deterioração de seus recursos naturais e dos sistemas produtivos.

Esta situação de deterioração ambiental é decorrente, em parte, da ausência de propostas integradas de planejamento e gerenciamento de sistemas de produção agrícola, em especial estudos de avaliação da capacidade de suporte das diversas classes de uso.

O planejamento surge como uma ferramenta opcional na tentativa de minimizar possível desequilíbrio regional causado pelas políticas e ações adotadas, apoiadas na maior parte dos casos em modelos de desenvolvimento nos quais se considera a maximização do benefício monetário. Assim, o planejamento e gestão dos recursos naturais são setoriais e fragmentários, sem levar em conta suas interações com o meio ambiente (físico e sócio-econômico), onde o homem não é considerado um componente do ecossistema.

Como consequência desta visão mecanicista, o mundo encontra-se hoje em profunda crise, que é complexa e multidimensional, afetando todos os setores da sociedade. Desde o início da colonização no Brasil, a ocupação do território realizou-se às expensas da fertilidade e produtividade natural aparente de áreas florestais, inicialmente ao longo da região costeira, depois se interiorizando, passando pelo centro-oeste e, hoje, atingindo a região norte do País. A partir da década de 50, o País é fortemente marcado pelo desenvolvimento industrial e as degradações ambientais continuaram a ser vistas como normais ou esperadas por parcela considerável da população e dos diferentes escalões decisórios da vida nacional.

Um dos resultados negativos do impacto da ocupação antrópica inadequada sobre o meio físico são representados por processos de erosão acelerada dos solos, perda da reserva de seus nutrientes, contaminação físico-química dos recursos hídricos e possíveis modificações estruturais dos sistemas hidrográficos (como, por exemplo, assoreamento de várzeas, reservatórios e canais fluviais).

A partir da coleta de informações de uso/ocupação das terras, é possível obter mapas atualizados que permitem uma avaliação das discrepâncias entre a forma de ocupação mais adequada (indicadas a partir de procedimentos de classificação da capacidade de uso das terras), e aquelas efetivamente observadas. Estas discrepâncias concorrem para a degradação dos solos e, conseqüentemente, demandam um esforço técnico-financeiro para a recuperação e reabilitação do ambiente.

Para o monitoramento da dinâmica do uso/ocupação das terras é necessário a utilização de sistemas de alta capacidade para o tratamento e análise de informações multi-temáticas. Neste sentido, os sistemas interativos de tratamento de imagens digitais e os sistemas de informações geográficas permitem o armazenamento e manipulação de grande volume de dados, além de possibilitarem inúmeras aplicações, entre elas o gerenciamento de bacias hidrográficas.

Entre os principais pressupostos de um Sistema de Informações Geográficas (SIG) está o de ser considerado um sistema de informação espacial (Berry, 1987). Segundo o autor, este pode ser definido como um sistema de informações espaciais geo-referenciadas, voltado para a análise, mapeamento e gerenciamento de dados.

O funcionamento de um SIG consiste na superposição digital de planos de informação (mapas). Cada plano de informação é análogo a uma matriz, que contem informações espaciais de cada elemento ou cela. A superposição é efetuada com base em operações simples entre os elementos das matrizes superpostas. Segundo Berry (1980), as operações primitivas são executadas no mapa como um todo, expressando-se as interrelações entre as variáveis mapeadas. Este é o princípio básico de modelagem cartográfica preditiva, utilizada na elaboração de modelos de previsão de impactos ambientais sobre sistemas naturais e artificiais (Smith & Blackwell, 1980). Inúmeras operações são utilizadas na confecção de mapas intermediários. Estes resultam em um mapa final de previsão de determinado evento, e expressam as variações relacionais entre padrões espaciais, o qual constitui fonte de importantes informações para subsidiar mapeamentos integrados e o monitoramento de recursos naturais.

A implementação de dados de sensoriamento remoto nos sistemas de informação geográfica é proposta e discutida por vários autores, sendo unânime a consideração do sensoriamento remoto como uma das principais fontes de dados. Para Myers (1980), os dados obtidos por sensores remotos são muito volumosos, sendo pouco prático armazená-los como mais um componente da base de dados de um SIG. A solução, segundo o autor, está na consideração do SIG como um portador de dados referentes à unidades geográficas com capacidade para acessar dados orbitais destas unidades e correlacioná-los com outros dados do terreno imageado. Os dados orbitais, antes de ser incorporados a uma base de dados no SIG, devem ser processados e classificados através dos sistemas de tratamento de imagens digitais.

A interface Dados de Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informação Geográfica (SR/SIG) é capaz, segundo Myers (1980), de dispor das informações locais para indicar subconjuntos de dados orbitais imageados na mesma região de estudo.

Merchant & Roth (1980), mostraram a potencialidade da operação conjunta SR/SIG no planejamento de reservas naturais, os quais implementaram um estudo piloto no "Cimarron National Grassland", Kansas(USA), onde, através de imagens obtidas ao nível orbital e classificadas digitalmente, foram inventariadas as comunidades vegetais e a distribuição de outros tipos de ocupação do terreno. Estes dados foram integrados a mapas pedológicos e geológicos para complementar a base

de dados do SIG. Os resultados alcançados forneceram subsídios ao zoneamento das limitações de uso e ocupação da área.

No sentido de desenvolver uma base de dados aplicada ao gerenciamento da qualidade de água no lago Tahoe (Califórnia, USA), Smith & Blackwell (1980), propuseram um estudo integrado baseado na utilização de dados de sensoriamento remoto, dados digitais do terreno, mapas convencionais e observações de campo. Neste trabalho foi utilizado o sistema IBIS (Image Based Information System), cuja base de dados permitiu correlacionar dados multiespectrais e topográficos com uma variedade de dados ambientais (escoamento superficial, áreas das bacias de drenagem e configuração morfológica). Estes parâmetros foram avaliados e comparados entre 63 bacias de drenagem à montante do lago. Os resultados demonstraram a contribuição desta metodologia na identificação das bacias com maior potencial de perdas de solo.

Loveland & Johnson (1980), desenvolveram e testaram técnicas de utilização conjunta dos dados de sensores remotos e outros dados espaciais em modelos preditivos na avaliação de áreas agrícolas irrigadas na Bacia do Rio Umatilla (Oregon, USA). Foram utilizados dados do sistema Landsat e fotografias aéreas na escala 1:24.000, integrados com dados de topografia (Modelo Digital do Terreno), solos, localização dos sistemas de irrigação, dados hidrológicos e mapas administrativos. Os resultados foram expressos através de mapas de susceptibilidade de áreas para irrigação, baseados na cobertura do terreno, gradiente de encostas, irrigabilidade do solo e custos operacionais.

Meijerink (1985), ressalta a importância do desenvolvimento de sistemas de geoinformações aplicado ao planejamento de bacias de drenagem. Segundo o autor, tal sistema deve estabelecer uma ligação entre dados espaciais e procedimentos automáticos e semi-automáticos, no sentido de elaborar modelos de simulação do potencial de erosão de áreas agrícolas. Para tanto, ressalta a necessidade de modelos cartográficos de escoamento superficial e de susceptibilidade ao uso da terra. Estes, embasados em dados de sensores orbitais ou aerotransportados, mapeamentos geológicos, geomorfológicos e pedológicos e observações de campo, possibilitam a confecção de mapas de apoio ao gerenciamento dos recursos hídricos, principalmente, no tocante às áreas tropicais.

No Brasil a utilização de imagens obtidas pelo sistema orbital Landsat para análise de bacias hidrográficas de porte médio a grande, com vistas em subsidiar estudo de caracterização da erosão do solo, pode ser exemplificada com o trabalho publicado pelo IPT (1986), realizado na bacia do Peixe-Paranapanema (SP), com extensão aproximada de 52.000 quilômetros quadrados. Nesse trabalho, imagens TM/Landsat, no formato de produtos fotográficos na escala de 1:250.000, nas bandas 3 e 4, foram utilizadas para definir classes de uso da terra, como base para obtenção de valores do fator C do modelo da Equação Universal de Perdas de Solo (Universal Soil Loss Equation - USLE-Wischmeier e Smith, 1978). Associando-se os valores do fator C aos outros parâmetros daquele modelo de estimativa de perdas de solo, foram mapeadas áreas de expectativa de erosão. Ainda nesse trabalho, imagens digitais TM,

ampliadas para a escala aproximada de 1:50.000, no sistema de tratamento de imagens digitais Image-100, foram utilizadas em áreas mais restritas, para definir feições provocadas por processos de erosão do solo.

Valério Filho e Pinto (1987), também utilizaram imagens digitais TM/Landsat para a identificação de marcas de erosão, através de processamento de realce de imagens digitais, e avaliaram diferentes combinações de bandas. Através de ampliações para a escala de 1:50.000, observaram que a combinação das bandas TM 2 (azul), TM 5 (verde) e TM 7 (vermelho) foi a que produziu a composição colorida multiespectral mais informativa, em termos de discriminação de feições de processos de erosão, com base na variação da cobertura vegetal. Nesse exemplo, ressaltaram que aquela combinação de bandas TM é relevante no sentido de melhor discriminar variações da cobertura vegetal (em termos de densidade), e melhor salientar a presença de solo exposto, possíveis indicadores de feições promovidas por processos de erosão do solo.

Neste contexto, o trabalho de Donzeli et al. (1992), conduzido na microbacia do Córrego São Joaquim, com área aproximada de 4.000 ha, localizada no município de Pirassununga, setor centro-leste do território paulista, constitui um exemplo de utilização conjunta do SR/SIG.

No desenvolvimento desse trabalho, tomou-se como base a Equação Universal de Perdas de Solo-USLE, sendo que as variáveis deste modelo (condicionantes do meio físico e intervenção antrópica), Erosividade (R), Erodibilidade (K), Fator Topográfico (LS), Uso e Manejo (C), e Prática Conservacionista (P) foram obtidas de mapas e tabelas disponíveis (R e K), cartas topográficas (LS) e análise de imagens TM/Landsat e SPOT (CP).

Esta base de dados foi integrada através da USLE ajustada conforme proposta de Bertoni e Lombardi Neto, 1985. Utilizando o Sistema de Informação Geográfica desenvolvido no INPE (SIG/INPE- Souza et al. 1990), foi obtido o Potencial Natural de Erosão (PNE) o qual é dado por:

$$PNE = R.K.L.S$$

As informações do Potencial Natural de Erosão associadas à tolerância de perdas de solo (A tolerável - tabelas disponíveis) permitiram a indicação de dados relativos do fator CP tolerável conforme a seguinte relação:

$$CP \text{ tolerável} = A \text{ tolerável} / PNE$$

As informações referentes às áreas susceptíveis à erosão (Se) foram obtidas através das informações de CP atual e CP tolerável dado por:

Se = CP atual - CP tolerável

A integração dos dados citados acima foi conduzida na forma "raster" de dados georreferenciados, tendo como suporte o SIG/INPE. Um mapa de áreas susceptíveis à erosão foi obtido através de saída gráfica. Este por sua vez foi integrado às informações das características dos solos e classes de declividade para obtenção do mapa de classes de capacidade de uso das terras. Donzeli et al(1992), concluíram que a integração de informações através de um sistema computacional tipo SIG constitui importante ferramenta de trabalho que possibilita classificar áreas com base em dados multivariados. Concluíram também, que o diagnóstico do potencial de erosão pela equação universal de perdas de solos, para ser utilizado juntamente com as perdas permissíveis, como condicionante da capacidade de uso da terra, constitui importante proposição neste trabalho, por viabilizar o uso de índices quantitativos na classificação técnica das terras.

Assim, verifica-se pelos exemplos referenciados, a potencialidade e efetividade da aplicação das técnicas de geoprocessamento (SR/SIG), como procedimento hábil para manipulação e análise de informações multi-temáticas no contexto do gerenciamento de bacias hidrográficas e planejamento agrícola / ambiental.

## **E. O RIO TIETÊ: "ESTE FAMOSO IGNORADO"**

**WALTER BARRELLA<sup>(1)</sup>**

### **1. Introdução**

Sem dúvida nenhuma, a surpresa e a admiração são os primeiros sentimentos expressados pelas pessoas que ouvem a respeito do trabalho que estou desenvolvendo sobre a ecologia dos peixes do rio Tietê. Em seguida vem a famosa pergunta: "Ainda existe peixe no rio Tietê?". Finalmente, a perplexidade toma conta destas pessoas quando algumas das características ambientais da bacia hidrográfica são mostradas.

---

<sup>(1)</sup> Consultor Independente