

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
Instituto de Biociências *Departamento de Ecologia*  
BIO 99002- Trabalho de conclusão II

**AVALIAÇÃO DA SITUAÇÃO DA COBERTURA FLORESTAL NA  
BACIA DO RIO CADEIA/FEITORIA E IDENTIFICAÇÃO DE  
ÁREAS CRÍTICAS USANDO TÉCNICAS DE  
GEOPROCESSAMENTO**

Aluna: Eliana Casco Sarmento

Professor orientador: Heinrich Hasenack

BIO  
BIO  
126

Porto Alegre, janeiro de 2000

# AVALIAÇÃO DA SITUAÇÃO DA COBERTURA FLORESTAL NA BACIA DO RIO CADEIA/FEITORIA E IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS CRÍTICAS USANDO TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO

Eliana Casco Sarmento<sup>1</sup>

## RESUMO

O gerenciamento de bacias hidrográficas pressupõe a integração e análise de um grande número de informações de origens diversas, que revela-se difícil e demorada por métodos convencionais. A maior parte das variáveis usadas no gerenciamento de bacias pode ser representada espacialmente como mapas, uma forma mais cognitiva e de compreensão mais fácil que os valores numéricos usuais. Nesse sentido, o geoprocessamento torna-se uma ferramenta de grande potencial de integração de dados para subsidiar o gerenciamento de bacias. O presente trabalho apresenta uma aplicação do geoprocessamento na avaliação da cobertura vegetal em áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do rio Cadeia/Feitoria (bacia hidrográfica do rio Caí). A partir das especificações do Código Florestal, foi gerado um mapa das áreas de preservação permanente, utilizando-se um sistema de informação geográfica. Esse mapa foi posteriormente cruzado com um mapa de uso e cobertura do solo para diagnosticar a situação da cobertura florestal nessas áreas, e o resultado novamente cruzado com o mapa de limites municipais para discriminar as informações em nível de município. Os resultados mostram que toda a bacia hidrográfica apresenta alto grau de perturbação na vegetação que margeia os cursos d'água, e que alguns municípios apresentam uma maior incidência desse problema.

## ABSTRACT

The management of river watersheds implies the integration and analysis of a great number of informations coming from different sources. This process is not easy when developed using traditional methods. The major part of the variables used in the management of watersheds can be represented espacially as maps, which are a more cognitive information and easier to understand. In this sense, GIS have tools with great potential in data integration and support for the watershed management. The present study presents an application of GIS in the evaluation of the vegetation cover in permanent preservation areas in the watershed of the river Cadeia/Feitoria (Caí river watershed, RS). Taking the specifications of the Código Florestal (Brazilian Forest Code), a map containing the protected areas was generated using a distance routine in a SIG. This map was then overlaid with another one containing the land use aiming to verify the situation of the forested area. The result was then crossed with the township limits to discriminate the results in a municipal level. The results showed that the whole watershed presents a high degree of degradation of the vegetation which borders the water channels. In some townships the occurrence of this problem is higher.

<sup>1</sup> Eliana Casco Sarmento, Bióloga, UFRGS-Centro de Ecologia Cx. Postal 15.007 CEP 91.501-970 P. Alegre-RS

## INTRODUÇÃO

A ação antrópica nos ecossistemas aquáticos e terrestres, provocados pela interferência de atividades como a agricultura, a indústria, a mineração, a construção civil e outras, vem provocando o aumento da concentração de poluentes, a perda da biodiversidade, a fragmentação de habitats e a alterações nos fluxos de energia e nutrientes.

Os cursos d'água vêm sofrendo uma constante contaminação com sedimentos minerais, resíduos químicos e material orgânico, acarretando inúmeros prejuízos ao ambiente e à saúde dos seres vivos. A descarga de efluentes industriais e orgânicos nas áreas urbanas e a degradação da vegetação natural e do solo pela agricultura nas áreas rurais são as causas mais evidentes (ASSAD & SANO, 1993). No que se refere especificamente às áreas de mata nativa, sua destruição atingiu um estágio tal que já compromete muitos mananciais. Recuperar essas áreas torna-se um trabalho cada vez mais importante e urgente.

O primeiro passo em qualquer estudo de vegetação é relacioná-la a uma unidade espacial, com a finalidade de efetuar a mensuração e o diagnóstico. A unidade espacial escolhida depende do objetivo do próprio estudo e pode variar desde divisões políticas, como limites municipais, delimitações legais como parques e reservas, até unidades naturais, como regiões ecoclimáticas.

Neste sentido, por representar uma unidade do espaço geográfico fisicamente bem definida, a bacia hidrográfica vem sendo cada vez mais utilizada como unidade de planejamento e gestão territorial, sobretudo no gerenciamento ambiental (LANNA, 1995). Uma bacia hidrográfica pode ser definida como a área total de drenagem que alimenta uma determinada rede hidrográfica, ou ainda, um espaço geográfico de sustentação dos fluxos d'água de um sistema fluvial hierarquizado. Pode ser definida também como a área fisiográfica drenada por um curso ou um sistema de cursos d'água conectados e que convergem, direta ou indiretamente, para um leito ou para um espelho d'água comum (BRASIL, 1987).

Os programas de gerenciamento das bacias hidrográficas visam promover a proteção da água, do solo, de outros recursos naturais essenciais à sustentabilidade da atividade econômica e ao controle da degradação ambiental e à equidade social (LANNA, 1995). O conhecimento das características físicas, ambientais e sócio-econômicas da área é indispensável a esse propósito e geralmente requer a coleta, a análise e a manipulação de um grande número de informações de diferentes tipos e origens tais como solos, clima, cursos d'água, vegetação, uso atual e potencial, localização de áreas urbanas, estradas, ferrovias, população e outros.

A grande quantidade e a diversidade da informação, boa parte da qual de alguma forma relacionada a uma posição ou área geográfica, exige métodos de integração e análise não convencionais e que permitam reduzir a subjetividade nos

resultados. Os sistemas de informação geográfica (SIG) são um conjunto de programas de computador que reúnem poderosos aplicativos para coletar, armazenar, recuperar, transformar e representar visualmente dados espaciais e também dados estatísticos ou textuais a eles relacionados. Integram informações espaciais e não espaciais de natureza, origem e forma diversas numa única base de dados, possibilitando a derivação de novas informações e sua visualização na forma de cartográfica, ou seja, como mapas (BURROUGH, 1992; CÂMARA, 1993). Por essas características, os SIG representam uma valiosa ferramenta e vêm sendo cada vez mais utilizados em estudos envolvendo o gerenciamento e o planejamento de recursos naturais.

A bacia hidrográfica do rio Cadeia/Feitoria, uma das sub-bacias da bacia hidrográfica do rio Caí, está localizada na região nordeste do Estado do Rio Grande do Sul, sobre a encosta basáltica da Serra do Nordeste (Figura 1). A área total da bacia é de aproximadamente 896,76 km<sup>2</sup>, ou 89.676 hectares, interceptando 19 municípios (Figura 2) e apresentando paisagens variadas.

Quanto ao clima, pela classificação de Köppen predomina o tipo *Cfa*, subtropical úmido com precipitações durante todo ano, sofrendo a influência de massas de ar tropicais e polar-atlânticas. A precipitação varia de 1400 a 2000 mm/ano no curso inferior e 1.600 a 2.100 mm/ano no curso superior (RIO GRANDE DO SUL, 1994). Quanto à geologia, a bacia do rio Cadeia/Feitoria encontra-se inserida quase totalmente sobre rochas que compõem a seqüência vulcano sedimentar da Bacia do Paraná (SEPLAN/IBGE, 1986). As altitudes variam de aproximadamente 10 metros até cerca de 800 metros, com relevo bastante heterogêneo, variando de plano e suave ondulado nas porções mais baixas da bacia, próximo à foz com o rio Caí, a forte ondulado e montanhoso nas encostas, na porção mais alta da bacia. Ocorrem basicamente cinco tipos de solos, quais sejam, Brunizem Avermelhado, Cambissolo Bruno húmico álico, Laterítico Bruno Avermelhado, Podzólico Vermelho Amarelo e Solos Litólicos (SEPLAN/IBGE, 1986). A cobertura florestal original da região segundo (SEPLAN/IBGE, 1986) é do tipo Floresta Estacional Decidual. No que se refere à ação antrópica, a bacia hidrográfica sofre a influência da concentração de indústrias e de efluentes domésticos em alguns municípios e ao mesmo tempo apresenta atividade basicamente rural em outros.

O objetivo do presente trabalho foi espacializar e integrar um conjunto de informações sobre o meio físico e antrópico da bacia hidrográfica do rio Cadeia/Feitoria utilizando técnicas de geoprocessamento, visando propiciar subsídios para a implantação de projetos e programas de gerenciamento e monitoramento. O foco da avaliação foi a cobertura florestal nas áreas da bacia que são consideradas de preservação permanente segundo o Código Florestal.

## MATERIAL E MÉTODOS

### 1. Material

O material utilizado no desenvolvimento compõe-se de alguns dados básicos, de software para o processamento dos dados e de equipamentos de informática:

- cartas planialtimétricas do mapeamento sistemático em escala 1:50.000, elaboradas pela Diretoria de Serviço Geográfico do Exército, 1ª DL;
- 1 imagem do satélite LANDSAT 5 da órbita ponto 221/080, bandas 3, 4 e 5 do sensor TM, com data de aquisição de 16/10/95, fornecidas pelo INPE em CD-ROM em formato TIFF e nível de correção 4;
- malha municipal digital, com a divisão municipal do Rio Grande do Sul de 1997, com detalhamento compatível com a escala 1:500.000, fornecida pelo IBGE;
- software de digitalização e edição vetorial Cartalinx v. 1.1;
- software de geoprocessamento IDRISI for Windows v. 2.0;
- mesa digitalizadora;
- aparelhos receptores GPS (*Global Positioning System*);
- microcomputadores e periféricos;

A metodologia empregada para executar a avaliação do estado da cobertura florestal na bacia hidrográfica do rio Cadeia/Feitoria envolveu o levantamento de dados na bibliografia e em campo, a preparação dos dados para análise e a integração dos dados para a avaliação da cobertura florestal na bacia.

### 2. Metodologia

#### 2.1. Levantamento de dados em campo

O levantamento de dados em campo foi feito percorrendo-se a região em rotas que cobrem todos os municípios inseridos na bacia em estudo. Foram identificadas amostras dos principais tipos de cobertura do solo (campo, reflorestamento, agricultura, mata nativa, etc.) para subsidiar a geração de um mapa de uso e cobertura do terreno. Cada área de interesse foi georreferenciada através do uso de aparelhos receptores GPS (*Global Position System*), sendo seus dados mais relevantes anotados em uma ficha.

#### 2.2. Geração de mapa de áreas de preservação permanente

O primeiro passo na preparação dos dados foi a geração de um mapa com os limites da bacia. A delimitação foi feita manualmente sobre as cartas do Exército em papel sendo posteriormente digitalizada manualmente através de mesa digitalizadora. O segundo passo foi a geração de um mapa delimitando as áreas de preservação permanente na bacia. A delimitação dessas áreas considerou os limites que determinam a possibilidade de ocupação antrópica definidos na

legislação federal e estadual. O Código Florestal Nacional, Lei federal nº 4.771 de 15/09/65 (Atualizado pela lei federal nº 7.803 de 20/7/89), por exemplo, considera como área de preservação permanente no artigo 2º:

- Uma área de no mínimo 30 (trinta) metros às margens de cursos d'água naturais ou artificiais ... ("alínea" a e b)
- Borda de tabuleiros ou chapadas a partir da ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros...("alínea" g)
- Encostas ou partes em declive superior a 45 graus ...("alínea" f)

Em resumo, a definição de áreas de preservação permanente baseia-se em grande parte no relevo e na distância de cursos e corpos d'água, de forma que, para gerar um mapa representando essas áreas, é necessário antes dispor-se das informações referentes ao relevo e à hidrografia. Ambas encontram-se nas cartas do Exército, a hidrografia como linhas que representam os cursos e corpos d'água e o relevo como linhas que representam curvas de nível da topografia, com equidistância vertical de 20 metros. As duas informações foram digitalizadas manualmente em mesa digitalizadora.

A partir do mapa da hidrografia digitalizado, calculou-se um mapa de distâncias usando a rotina DISTANCE do IDRISI e, em seguida, com o auxílio da rotina RECLASS, isolou-se ao longo dos cursos e corpos d'água presentes na bacia apenas a faixa de preservação permanente determinada por lei em função da largura dos mesmos.

O relevo foi reconstruído a partir das curvas de nível digitalizadas, através da interpolação de um modelo digital de elevação (MNT). Um MNT constitui um conjunto estruturado de dados de coordenadas  $x$ ,  $y$  e  $z$  que pode ser utilizado para representar quaisquer variáveis distribuídas num espaço bidimensional, como o teor de algum mineral ou o pH do solo, associando seus valores à coordenada  $z$  (LOMBARDI NETO & CAMARGO, 1992; CHAGARLAMUDI & PLUNKETT, 1993). No caso da topografia, o modelo digital de elevação é uma matriz, ou imagem, onde o valor armazenado em cada célula (*pixel*) representa a cota do terreno naquela posição.

A partir do MNT, calculou-se um mapa de declividades da bacia que, à semelhança do primeiro, é uma matriz ou imagem onde o valor armazenado em cada *pixel* representa a respectiva declividade. O cálculo, efetuado com a rotina SURFACE do IDRISI, é feito *pixel a pixel*, comparando a cota de cada *pixel* analisado com a cota dos *pixels* vizinhos. Sobre o mapa de declividades foi então aplicada a restrição imposta pela legislação no que se refere à inclinação de encostas, agrupando-se as classes de declividade com a rotina RECLASS do IDRISI. Separou-se, assim, declividades inferiores ou iguais a 45° de declividades superiores a 45°, as quais caracterizam áreas de preservação permanente.

A última fase na geração do mapa de áreas de preservação permanente foi a união dos mapas contendo as áreas de preservação permanente determinadas a partir da hidrografia e aquelas determinadas a partir do relevo, através da

rotina OVERLAY do IDRISI. Obteve-se um mapa *booleano* onde estão destacadas todas as áreas de preservação permanente da bacia.

### 2.3. Geração de mapa de uso e cobertura do solo

O terceiro passo na preparação dos dados foi a geração de um mapa de uso e cobertura do solo a partir de uma imagem de satélite LANDSAT. As imagens de satélites de recursos naturais, apesar de estarem disponíveis há quase duas décadas, representam uma fonte de informação ainda pouco explorada em relação ao seu uso potencial na maior parte dos estudos ambientais. Uma das aplicações mais comuns das imagens é a obtenção de mapas de uso/cobertura do solo de uma determinada região, para cuja finalidade são efetuadas várias operações para transformar imagens orbitais brutas em mapas temáticos que representem cartograficamente a distribuição espacial de elementos da superfície terrestre.

Inicialmente efetuou-se o georreferenciamento da imagem utilizada, que consiste num conjunto de operações numéricas utilizadas para modificar ou alterar sua geometria de maneira a ajustá-la a um sistema de coordenadas considerado como referência, no presente caso o sistema de projeção UTM (Projeção Universal Transversa de Mercator) das cartas do Exército. Os parâmetros para o georreferenciamento foram obtidos a partir de pontos de controle identificáveis tanto na imagem a ajustar como no sistema de referência (PHILLIPS & SWAIN, 1988; SCHOWENGERDT, 1983).

A classificação da imagem de satélite foi efetuada em duas etapas. Inicialmente efetuou-se uma classificação preliminar não supervisionada baseada em análise de agrupamento, empregando-se a rotina ISOCLUST do IDRISI. Essa rotina consiste em um método de análise de agrupamento iterativo auto-organizativo que incorpora conhecimento estatístico e probabilístico adquirido a partir de sucessivas varreduras na imagem, até atingir estabilidade no agrupamento dos *pixels* para o número de classes pré-determinado pelo analista (EASTMAN, 1997). Neste tipo de classificação o analista não interfere no processo de classificação.

A partir dos dados obtidos em campo foi efetuada uma classificação definitiva pelo método supervisionado, através do qual introduziu-se o conhecimento adquirido *in loco*. O método supervisionado exige a definição de áreas de treinamento para a obtenção dos parâmetros estatísticos das classes para uso no algoritmo de classificação. A amostragem de áreas de treinamento foi efetuada sobre composições coloridas RGB543 e RGB453, produzidas com técnicas de realce de contraste para melhorar a qualidade visual e o reconhecimento de alvos. Para auxiliar no processo de definição de áreas de treinamento, sobrepôs-se à imagem os pontos obtidos com GPS no trabalho de campo, contendo a localização dos diferentes temas levantados. Após a definição das áreas de treinamento efetuou-se a classificação através da rotina MAXLIKE do IDRISI, que emprega uma função de densidade de probabilidade

chamada função máxima verossimilhança. Essa função calcula a classe à qual cada célula (*pixel*) da imagem tem a maior probabilidade de pertencer a partir da comparação de seu comportamento espectral com o de todas as outras classes definidas.

#### **2.4. Integração dos dados**

Uma das técnicas mais comuns de integração de dados espaciais em sistemas de informação geográfica é o cruzamento de mapas. O cruzamento constitui-se numa operação de sobreposição que permite efetuar operações lógicas ou aritméticas entre dois ou mais mapas com a finalidade de obter um novo mapa contendo informação derivada dos originais mas não explicitamente representada nos mesmos (BURROUGH, 1992). Foram realizados vários cruzamentos para a obtenção do resultado desejado.

O primeiro cruzamento foi entre o mapa de uso e cobertura do solo e o mapa dos limites da bacia, utilizando-se a rotina OVERLAY do IDRISI. Isolou-se dessa forma a área total ocupada por cada classes de uso e cobertura do solo dentro da bacia. O resultado foi cartografado e a área de cada classe calculada com a rotina AREA do IDRISI. Em seguida, o mapa de uso e cobertura do solo na bacia foi submetido a um cruzamento com o mapa das áreas de preservação permanente, utilizando-se a rotina CROSSTAB do IDRISI. Diferente de OVERLAY, a rotina CROSSTAB produz um mapa onde estão individualizadas todas as combinações ocorridas entre as classes de dois mapas, possibilitando assim a identificação da parcela de cada classe de uso e cobertura do solo incluída e excluída da condição de preservação permanente fixada por lei. Como as classes de interesse do presente estudo eram áreas de preservação permanente com mata e áreas de preservação permanente desmatadas, apenas elas foram extraídas do resultado de CROSSTAB com a rotina RECLASS do IDRISI. Finalmente, o resultado foi cruzado com os limites municipais através da rotina EXTRACT, que permite calcular uma série de parâmetros estatísticos das classes de um mapa para unidades espaciais especificadas em outro. Dessa forma, utilizando-se os limites municipais como as unidades espaciais desejadas, efetuou-se a quantificação das duas classes de interesse por município da bacia.

### **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

No que se refere às áreas de preservação permanente ao longo dos rios, existem em toda a bacia apenas duas faixas de largura determinadas pela legislação, 30 e 50 metros. Como a maior parte dos cursos d'água é bastante estreita a faixa de preservação com largura de 30 metros é predominante. Apenas a porção mais baixa e mais larga do rio Cadeia, próximo à foz com o rio Caí, já no município de São Sebastião do Caí, apresenta uma faixa de preservação de 50 metros. Quanto às áreas de preservação definidas pelo relevo, a escala reduzida das cartas do exército (1:50.000), com equidistância das curvas de nível de 20 metros, não permite cartografar todos os detalhes do terreno. Em função disso,

a delimitação de áreas de preservação relacionadas a limitações da topografia resultou em áreas muito pequenas e em número reduzido, subestimando a real ocorrência deste tipo de restrição ao uso antrópico na bacia. Dessa forma, a totalização das áreas de preservação permanente feitas em SIG a partir das cartas do Exército é menor do a quantidade que realmente existe no terreno. Infelizmente não há informações mais detalhadas disponíveis e a aquisição de dados topográficos novos envolve custos muito elevados, dependendo de iniciativas oficiais.

A classificação da imagem de satélite resultou num mapa com 7 classes de uso e cobertura do solo (figura 3, tabela 1). Convém ressaltar que a classe "áreas sombreadas" é formada por áreas que não eram iluminadas diretamente pelo Sol no momento da passagem do satélite (aproximadamente 10 horas da manhã de 16/10/95), o que impossibilita a avaliação do tipo de cobertura nelas existente pois não há registro de reflexão de energia eletromagnética pelo sensor do satélite. Entretanto, a existência de sombra às 10 horas da manhã é um indicativo de que as áreas são muito íngremes e, portanto, dificilmente estejam sendo usadas com agricultura, podendo ser computadas como áreas com alta probabilidade de estarem cobertas por mata nativa. Além disso, a grande variação nas condições de relevo e de exposição solar na bacia introduziu variações espectrais maiores que as diferenças entre classes de cobertura vegetal de porte semelhante, não sendo possível discriminar formações vegetais diferentes mas com grau de cobertura vegetal semelhante, como mata nativa e reflorestamento, por exemplo. Dessa forma, a legenda necessitou de alguma simplificação, sob pena de introduzir-se erros maiores pela confusão entre classes espectrais distintas. Criou-se, assim, uma única classe de cobertura florestal, que reúne tanto mata nativa quanto áreas de reflorestamento.

O levantamento de uso e cobertura do solo constitui informação de grande importância para o diagnóstico da bacia, pois permite uma visão integrada da ocupação atual, com a extensão e com a localização de cada tema mapeado. Analisando-se a tabela 1, por exemplo, verifica-se que, apesar de ser uma região de uso antrópico bastante intenso, a bacia do rio Cadeia/Feitoria apresenta ainda cerca de metade de sua superfície coberta com formações vegetais arbóreas nativas ou cultivadas. Isso não significa a conservação plena da mata, uma vez que a maior parte da mesma não se encontra mais em estado natural, sendo formada basicamente por mata secundária. Todavia, do ponto de vista da conservação do solo e dos recursos hídricos, é ainda um aspecto bastante positivo. Quanto à distribuição da cobertura florestal (figura 3), constata-se que ela se concentra na porção média da bacia, junto às áreas mais acidentadas formadas pelas encostas da serra basáltica. O relevo acidentado pode ser constatado pela concentração de áreas sombreadas nessa porção da bacia.

No que se refere à situação das áreas de preservação permanente constata-se, de modo geral, que nenhum dos municípios que possuem território na bacia cumpre o Código Florestal, uma vez que praticamente todos apresentam áreas de preservação permanente desmatadas (tabelas 2 e 3). Deve-se, no entanto, analisar os dados da tabela 3 com

cuidado, uma vez que vários municípios não estão totalmente inclusos na bacia. Dessa forma, é mais conveniente utilizar os valores em porcentagem, já que eles fornecem a proporção da área de preservação de cada município na bacia com e sem cobertura florestal, independente da sua área absoluta. Assim, constata-se que os municípios de Nova Hartz, Capela de Santana, Igrejinha e São Sebastião do Caí são os que estão em situação mais indesejável, pois apresentam mais de metade da área de preservação permanente contida na bacia sem cobertura florestal. Sapiranga, Nova Petrópolis e Morro Reuter são os que estão mais próximos do que determina o Código Florestal, pois todos apresentam menos de 30% das áreas de preservação na bacia sem cobertura florestal.

Uma última ressalva a fazer é que, para os municípios cujo território não está totalmente incluso na bacia, os dados valem apenas para a porção inclusa, não podendo ser extrapolados para outras áreas. Por exemplo, um município cujas áreas de preservação permanente foram muito desmatadas na bacia do rio Cadeia/Feitoria pode não ter o mesmo problema em porções de seu território que façam parte de outras bacias e vice-versa.

A figura 4 mostra o resultado do cruzamento do mapa de áreas de preservação com o mapa de uso do solo, evidenciando a situação das áreas de preservação permanente com relação à cobertura vegetal. O desmatamento de áreas de preservação ocorre em toda a bacia, mas concentra-se nas áreas mais planas, onde as características do meio físico são favoráveis à produção agrícola. A pouca pedregosidade, a boa profundidade, a alta fertilidade natural do solo, formado pelo acúmulo de material alúvio-coluvionar proveniente do basalto das áreas mais elevadas, lhe conferem alto potencial agrícola. Além disso, o clima do tipo *Cfa* favorável à produção, a disponibilidade de água para irrigação, o acesso fácil às rodovias para escoamento da produção, a proximidade da região Metropolitana e o tamanho reduzido das propriedades rurais (em média 20 ha) são alguns dos principais fatores que contribuem para a utilização intensiva destas áreas.

Convém ressaltar, ainda, que a faixa de preservação mais larga definida pelo Código Florestal (50 metros junto ao rio Cadeia, na região do vale do Caí) corresponde justamente à área mais intensamente utilizada, gerando conflito entre qualidade da terra, e conseqüente atividade econômica, e a preservação ambiental. Em outras palavras, a faixa de preservação permanente é mais larga onde a área é naturalmente menos suscetível à erosão, e menor onde o terreno é mais acidentado. Em regiões como a bacia estudada, com uso intensivo do solo, tanto agrícola como urbano-industrial, e relevo heterogêneo, seria interessante associar a largura da faixa de preservação simultaneamente à largura do curso d'água e ao relevo, aumentando progressivamente a faixa de preservação conforme aumenta a declividade, ainda que a largura do curso d'água permaneça a mesma. Essa medida talvez permitisse um melhor equilíbrio entre o valor da terra, tanto para uso agrícola (mecanização, controle de erosão) como para ocupação urbano-industrial (áreas de risco), e a conservação do solo e dos recursos hídricos, uma vez que induz à preservação das áreas mais suscetíveis.

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O presente trabalho propiciou o contato com alguns dos diversos tipos de dados que podem ser reunidos sobre uma bacia hidrográfica e que, utilizados de forma conjunta com o auxílio de técnicas de geoprocessamento, possibilitam uma análise rica para subsidiar a posterior decisão sobre estratégias de gestão e avaliação de áreas para o desenvolvimento urbano, agrícola, industrial ou outra atividade, de maneira sustentável e respeitando as limitações e os potenciais do meio ambiente.

Os resultados obtidos não são definitivos, nem pretendem lançar uma ótica reducionista ao grande número e à complexidade dos fatores relacionados ao planejamento e gerenciamento de bacias hidrográficas. Entretanto, permitem ressaltar a existência de ferramentas para dar suporte à integração de dados, como o geoprocessamento, tornando mais ágil e dinâmica a construção de diferentes visões sobre o mesmo espaço. O grande mérito dessa tecnologia está em permitir uma redução na subjetividade em trabalhos de diagnóstico, avaliações e projeções nas mais diferentes áreas relacionadas ao meio ambiente, o que a torna fundamental em qualquer projeto ou programa de gerenciamento de bacias hidrográficas.

Os maiores responsáveis pelos resultados da introdução de um SIG em programas de gerenciamento de bacias hidrográficas são os envolvidos nos programas de gerenciamento, pois eles é que definem as estratégias a partir da informação obtida com o mesmo. Cabe, portanto, aos decisores utilizar adequadamente os dados obtidos através do geoprocessamento, substituindo o caráter eminentemente político das decisões por um embasamento cada vez mais técnico.

No caso da bacia estudada, planejar ou propor alguma intervenção, como a revegetação das margens dos cursos d'água, é ainda uma decisão política, mas a implementação deve seguir argumentos técnicos. Por exemplo, iniciar pelos municípios em situação mais crítica, baseando-se nos dados obtidos com SIG (tabela 3). As iniciativas devem concatenar esforços de órgãos de assistência técnica e extensão rural, como cooperativas, EMATER e prefeituras, e incluir até escolas e empresas, como forma de atingir o público mais diversificado possível no momento de deflagrar campanhas de conscientização. Os mapas contidos no SIG podem ser ainda um excelente veículo de difusão, pois a comunidade pode reconhecer neles sua realidade e seus problemas.

Em estudos futuros na bacia do rio Cadeia/Feitoria, é importante acrescentar à base espacial do meio físico gerada neste trabalho os aspectos sócio-econômicos da região, antes de propor alguma intervenção, pois a subsistência de muitos agricultores pode ser inviabilizada.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSAD, E.D., SANO, E.E. *Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura*. EMBRAPA-CPAC. Planaltina, Brasil. 1993. 274 p..
- BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. *Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas: Manual Operativo*. Brasília, DF. 1987. 60p.
- BURROUGH, P.A. *Principles of geographical information systems for land resources assesment*. Oxford University press. Oxford. 1992. 194p.
- CÂMARA, G. *Anatomia de sistemas de informações geográficas, visão atual e perspectivas de evolução*. in: sistemas de informações geográficas e suas aplicações na agricultura, p: 37-59. Brasília, DF. 1993.
- CHAGARLAMUDI, P., PLUNKETT, G.W. *Mapping applications for low-cost remote sensing and geographic information systems*. International Journal of Remote Sensing. vol. 14, p.3181-3190. 1993.
- EASTMAN, J. R. *IDRISI for Windows v. 2.0 user's guide*. Worcester, Clark University. 1997
- LANNA, A. E. *Gerenciamento de Bacia Hidrográfica. Aspectos Conceituais e Metodológicos*. Brasília, IBAMA. 170p. 1995.
- LOMBARDI NETO, F., CAMARGO, O.A. *Técnicas de sensoriamento remoto aplicadas ao diagnóstico básico para planejamento e monitoramento de microbacias hidrográficas*. Campinas. Documentos IAC, nº 29, p. 91-119. 1992.
- PHILLIPS, T. L.; SWAIN, T. H. *Data processing methods and systems*. In: SWAIN, P. H.; DAVIS, S. M. (ed.) 1988. *Remote sensing: the quantitative approach*. New York, McGraw Hill. 1988.
- RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Agricultura e Abastecimento; Centro Nacional da pesquisa do Trigo. *Macrozoneamento Agroecológico e Econômico do Estado do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, 2v. 1994.
- SEPLAN/IBGE. *Levantamento de Recursos Naturais*. Rio de Janeiro. 1986. V33. 1986.791p.
- SCHOWENGERT, R. A. *Techniques for image processing and classification in remote sensing*. New York, Academic. 1983.

Tabela 1. Área ocupada pelos diferentes tipos de uso e cobertura na bacia.

Classe de uso/cobertura	Área (km <sup>2</sup> )	Proporção da bacia (%)
Mata nativa/reflorest.	495.41	55.24
Mata rala/capoeira	54.46	6.07
Pastagens	47.97	5.35
Agricultura	248.34	27.69
Corpos d'água	0.78	0.09
Áreas sombreadas	34.74	3.87
Áreas urbanas	15.07	1.68
<b>TOTAL</b>	<b>896.76</b>	<b>100.00</b>

Tabela 2. Relação e área dos municípios que integram a bacia hidrográfica do Rio Cadeia/Feitoria.

Municípios	Área do município (km <sup>2</sup> ) (Escala 1:250.000)				Área urbana (km <sup>2</sup> ) (Escala 1:50.000)		
	Área total do município	Área do município na bacia	% da área municipal dentro da bacia	% da área municipal em relação ao total da bacia	Área urbana total	Área urbana na bacia	% da área urbana dentro da bacia
Capela de Santana	181,36	2,60	1,43	0,29	0,89	0,00	0,00
Dois Irmãos	72,84	66,58	91,40	7,42	5,99	5,99	100,00
Estância Velha	51,46	3,41	6,63	0,38	0,75	0,00	0,00
Gramado	242,45	43,61	17,99	4,86	9,09	0,00	0,00
Igrejinha	144,20	9,67	6,71	1,08	Exclusa	0,00	0,00
Ivoti	64,97	61,31	94,36	6,84	5,12	4,40	86,01
Lindolfo Collor	31,72	31,72	100,00	3,54	0,67	0,67	100,00
Linha Nova	62,78	19,80	31,55	2,21	0,08	0,05	64,04
Morro Reuter	83,54	83,54	100,00	9,32	1,25	1,25	100,00
Nova Hartz	58,94	1,15	1,95	0,13	Exclusa	0,00	0,00
Nova Petrópolis	292,53	97,76	33,42	10,90	4,29	1,03	24,02
Picada Café	83,24	83,24	100,00	9,28	0,01	0,01	100,00
Portão	158,37	19,34	12,21	2,16	Exclusa	0,00	0,00
Presidente Lucena	49,37	49,37	100,00	5,50	0,35	0,35	100,00
Santa Maria do Herval	134,53	131,24	97,55	14,63	0,29	0,29	100,00
São José do Hortêncio	64,39	62,76	97,48	7,00	0,99	0,99	100,00
São Sebastião do Caí	127,46	65,89	51,70	7,35	4,77	0,02	0,47
Sapiranga	169,38	54,91	32,42	6,12	Exclusa	0,00	0,00
Três Coroas	158,89	8,86	5,58	0,99	Exclusa	0,00	0,00
<b>Total</b>	-----	<b>896,76</b>	<b>100,00</b>	-----	-----	<b>15,07</b>	-----

Tabela 3. Situação da cobertura florestal nas áreas de preservação permanente em cada município

Município	Área de preservação sem mata (ha)	Área de preservação com mata (ha)	Área de Preservação total (ha)	Percentagem área de preservação sem mata (%)	Percentagem área de preservação com mata (%)
Nova Hartz	4.50	2.07	6.57	68.4932	31.5068
Capela de Santana	11.88	7.02	18.90	62.8571	37.1429
Igrejinha	50.58	37.80	88.38	57.2301	42.7699
São Sebastião do Caí	374.22	320.40	694.62	53.8741	46.1259
São José do Hortêncio	228.69	266.85	495.54	46.1496	53.8503
Presidente Lucena	155.79	202.77	358.56	43.4488	56.5512
Três Coroas	16.92	22.86	39.78	42.5339	57.4661
Gramado	118.53	162.18	280.71	42.2251	57.7749
Dois Irmãos	231.84	351.63	583.47	39.7347	60.2653
Ivoti	208.17	328.41	536.58	38.7957	61.2043
Lindolfo Collor	117.18	186.12	303.30	38.6350	61.3650
Santa Maria do Herval	398.07	660.96	1059.03	37.5881	62.4118
Estância Velha	7.74	16.83	24.57	31.5018	68.4982
Linha Nova	40.86	89.46	130.32	31.3536	68.6464
Picada Café	233.19	522.45	755.64	30.8599	69.1401
Portão	44.73	103.41	148.14	30.1944	69.8056
Sapiranga	91.98	236.25	328.23	28.0230	71.9770
Nova Petrópolis	191.70	513.45	705.15	27.1857	72.8143
Morro Reuter	120.15	397.62	517.77	23.2053	76.7947
<b>TOTAL</b>	<b>2646.72</b>	<b>4428.54</b>	<b>7075.26</b>	<b>37.4081</b>	<b>62.5919</b>

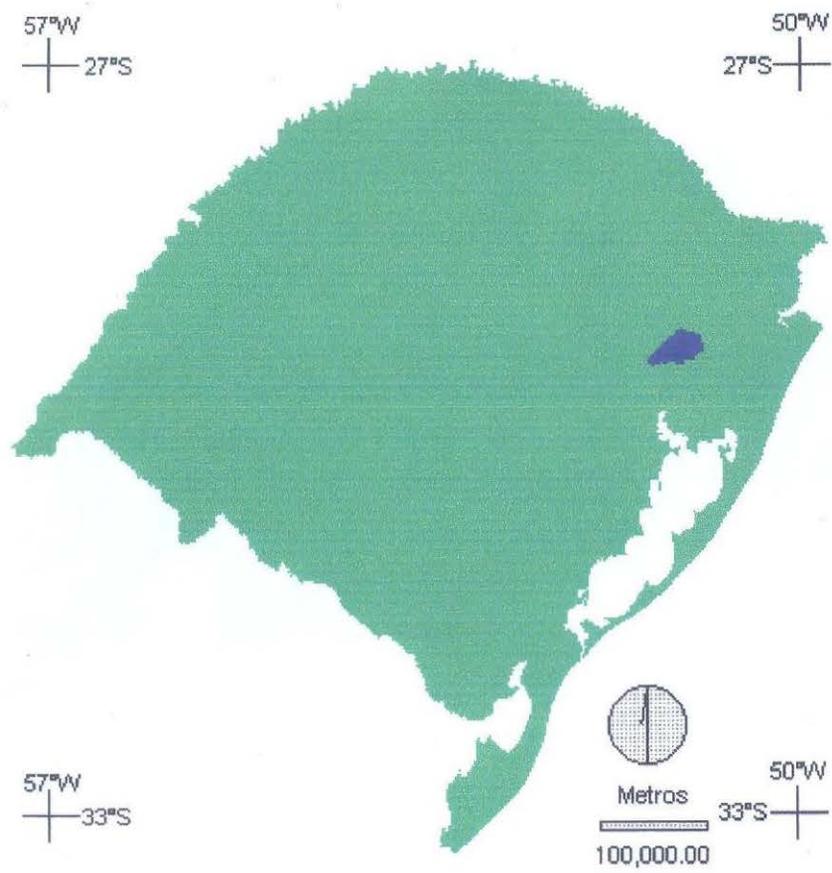


Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do rio Cadeia/Feitoria

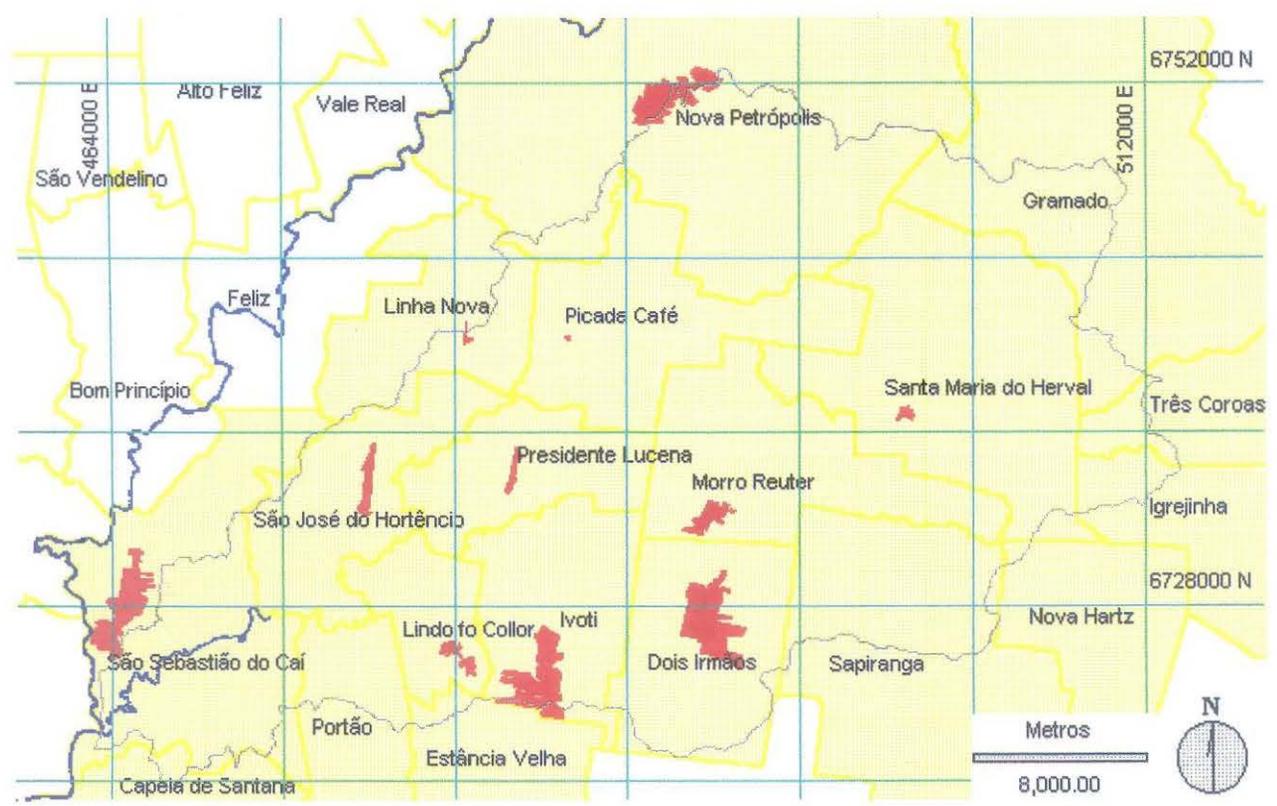


Figura 2. Municípios que fazem parte da bacia hidrográfica do rio Cadeia/Feitoria

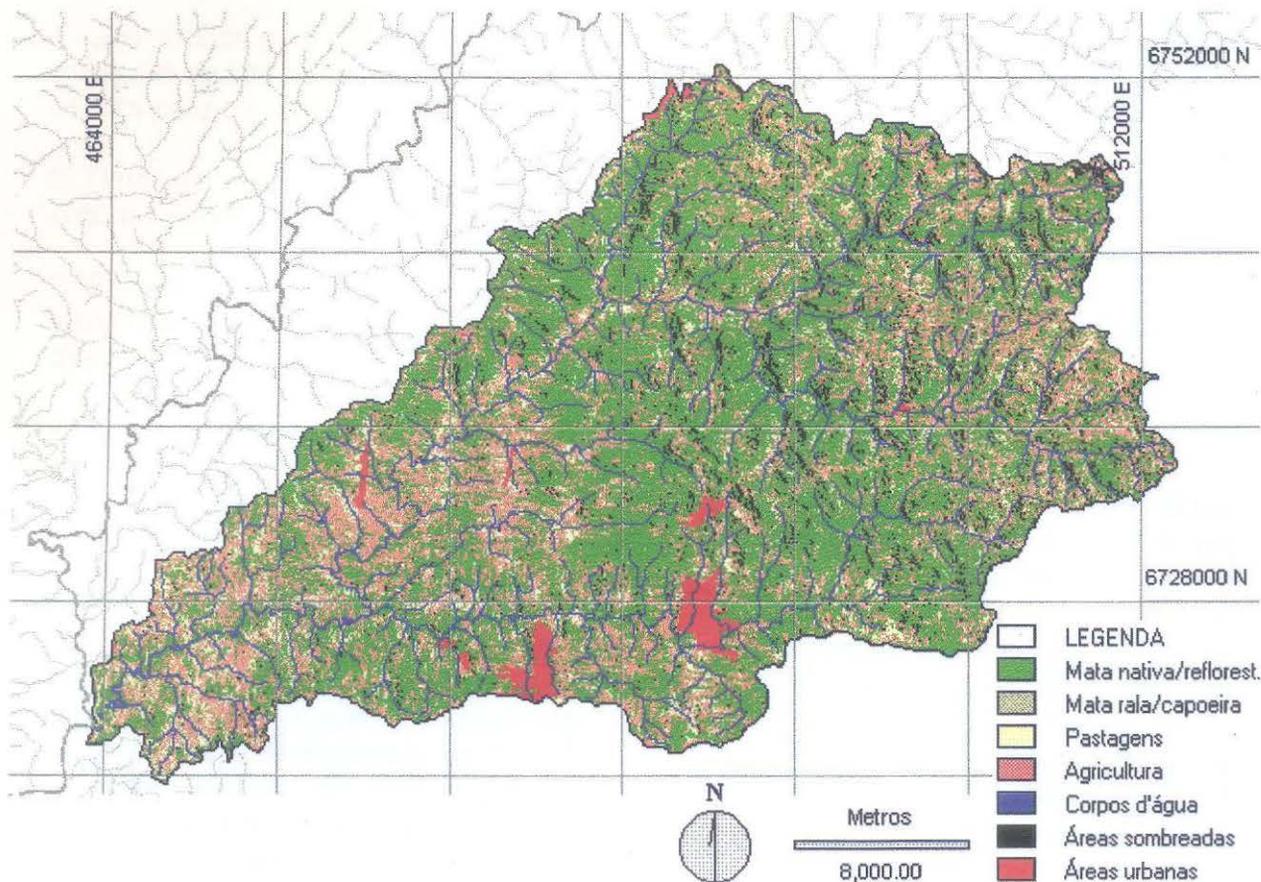


Figura 3. Mapa de uso e cobertura do solo da bacia hidrográfica do rio Cadeia/Feitoria

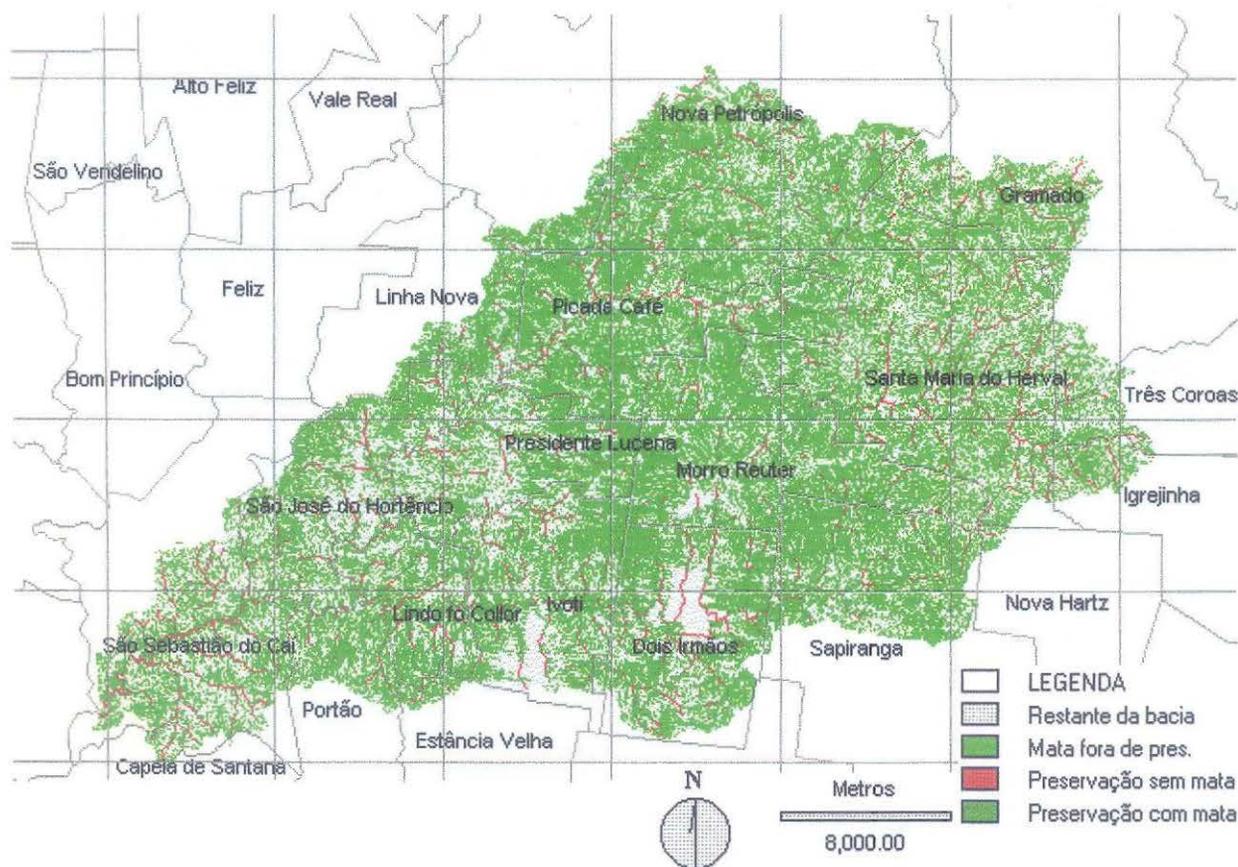


Figura 4. Resultado da avaliação da cobertura florestal em áreas de preservação permanente

# INSTRUÇÕES AOS AUTORES

1. São aceitos para publicação trabalhos técnico-científicos originais, resultantes de pesquisa de interesse agropecuário, ainda não publicados nem encaminhados a outra revista para o mesmo fim.
2. Uma vez aceitos, os trabalhos não poderão ser reproduzidos, mesmo parcialmente, sem o consentimento expresso da revista Pesquisa Agropecuária Brasileira (PAB).
3. São de exclusiva responsabilidade dos autores as opiniões e conceitos emitidos nos trabalhos. Contudo, o Editor, com a assistência da Assessoria Científica, reserva-se o direito de sugerir ou solicitar modificações aconselháveis ou necessárias.
4. Na elaboração dos originais deverão ser atendidas as normas abaixo:
  - a) Os trabalhos devem ser apresentados em duas cópias impressas em espaço duplo, em papel branco fosco com tinta preta ou azul escuro e com margens de 2 cm por todos os lados; o texto será corrido, sem intercalação de tabelas e figuras, que, feitas em folhas separadas, serão anexadas ao final do trabalho; para as REFERÊNCIAS, ABSTRACT e relação das legendas das figuras serão iniciadas folhas novas, mesmo que haja espaço na anterior; as folhas, ordenadas em texto, legendas, tabelas e figuras, serão numeradas seqüencialmente. Após as correções sugeridas pela Assessoria Científica, o autor deverá retornar à editoria da revista uma cópia definitiva da versão corrigida, acompanhada de uma cópia em disquete nos programas MICROSOFT WORD 5.0 FOR DOS, MICROSOFT WORD 5.5 FOR DOS ou MICROSOFT WORD 2.0/6.0 FOR WINDOWS, e uma cópia impressa com tinta negra ou azul escura;
  - b) o resumo e o abstract devem conter, no máximo, 200 palavras cada;
  - c) no rodapé da primeira página deverão constar a qualificação profissional principal e o endereço postal completo do(s) autor(es);
  - d) as referências bibliográficas serão normalizadas de acordo com as "Normas para Referenciação Bibliográfica e Catalogação Referenciada para o Sistema de Informação Técnico-Científica da Embrapa". Essa publicação é uma adaptação da NB-66, da "Comissão de Estudos de Documentação da ABNT", de 1986; e da NBR 6023, da ABNT, de agosto/1989.

Os exemplos a seguir constituem os casos mais comuns, fornecidos como modelo.  
Exemplificação:

## ARTIGOS DE PERIÓDICOS:

CARVALHO, L.P. de; MOREIRA, J. de A.N. Correlações fenóticas envolvendo períodos de floração e rendimento em diferentes linhagens de algodoeiro herbáceo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.25, n.7, p.983-990, jul. 1990.

## LIVROS:

CRUCIANI, D.E. A drenagem na agricultura. São Paulo: Nobel, 1980. 333p.

## TRABALHOS DE CONGRESSOS:

OLIVEIRA, F.A. de. Evapotranspiração, índice de área foliar e desenvolvimento radicular do arroz (*Oryza sativa* L.) sob irrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 9., 1979, Campina Grande. Anais... Campina Grande:

UFPB/CCT, 1980. p.145-150.

e) É norma da revista não citar trabalhos extraídos de resumos e abstracts, trabalhos no prelo e comunicação pessoal.

5. As figuras (gráficos, desenho, mapas ou fotografias) deverão ser apresentadas em tamanho maior do que aquele em que deverão ser impressas; para assegurar a nitidez após a redução para o tamanho de uma página (15 cm x 20 cm) ou tamanhos menores; todos os elementos da figura serão calculados em escala adequada; parte alguma da figura será datilografada; a chave das convenções adotadas será incluída na área da figura; evitar-se-á a colocação de título na figura, quando esse possa fazer parte da legenda; na remessa dos trabalhos deverá ser preferido o uso de envelopes, para não danificar as figuras com grampos. Fotografias não devem ser montadas, mas apenas colocadas em envelopes.

6. Os trabalhos devem ser organizados, sempre que possível, em TÍTULO, RESUMO, ABSTRACT, INTRODUÇÃO, MATERIAL E MÉTODOS, RESULTADOS E DISCUSSÃO, CONCLUSÕES, AGRADECIMENTOS e REFERÊNCIAS.

7. Outros pormenores para confecção de trabalhos a serem enviados à PAB são fornecidos por requisição dos interessados, pelo Editor da Revista.

8. Os autores receberão 20 separatas do seu artigo publicado. Os pesquisadores e/ou Centros de pesquisas que desejarem receber separatas, deverão avisar à Editora, com antecedência, e assumir o compromisso de pagar o custo das cópias solicitadas.