

**EDNA SUELI PONTALTI**

**SUBSÍDIOS PARA A IMPLEMENTAÇÃO DE PLANO DE MANEJO EM  
PARQUE MUNICIPAL POR MEIO DE SISTEMA DE INFORMAÇÃO  
GEOGRÁFICA**

**MARINGÁ  
PARANÁ – BRASIL  
MAIO – 2009**

**EDNA SUELI PONTALTI**

**SUBSÍDIOS PARA A IMPLEMENTAÇÃO DE PLANO DE MANEJO EM  
PARQUE MUNICIPAL POR MEIO DE SISTEMA DE INFORMAÇÃO  
GEOGRÁFICA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de Mestre.

**MARINGÁ  
PARANÁ – BRASIL  
MAIO – 2009**

### Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

P811 Pontalti, Edna Sueli  
Subsídios para a implementação de plano de manejo em parque municipal por meio de sistema de informação geográfica /Edna Sueli Pontalti. -- Maringá: [s.n.],2009.  
53 f.

Orientador : Profº Drº Marcos Rafael Nanni.  
Dissertação (mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Estadual de Maringá.

1. Unidades de conservação. 2. Sistema de informações geográficas. 3. Zoneamento ambiental. 4. AHP. I. TÍTULO

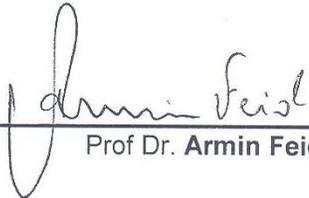
CDD 21. ed. 631.4

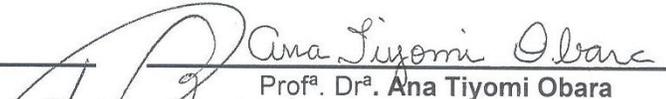
EDNA SUELI PONTALTI

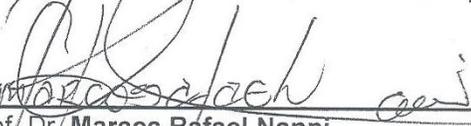
**SUBSÍDIOS PARA A IMPLEMENTAÇÃO DE PLANO DE MANEJO EM  
PARQUE MUNICIPAL POR MEIO DE SISTEMA DE INFORMAÇÃO  
GEOGRÁFICA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 29 de maio de 2009.

  
Prof. Dr. **Armin Feiden**

  
Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup> **Ana Tiyomi Obara**

  
Prof. Dr. **Marcos Rafael Nanni**  
(Orientador)

Dedico esse trabalho

ao Engenheiro Florestal *ELEUTÉRIO LANGOWSKI*, pela sua luta incansável para a criação do Parque Municipal Cinturão Verde de Cianorte, que hoje é um patrimônio ambiental de todos os cianortenses.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela graça da vida a mim concedida.

À minha pequena família, pelo apoio e consideração.

Ao querido amigo e Mestre Eleutério Langowski (LEO), pelo incansável apoio e incentivo nos momentos turbulentos.

À querida amiga Adriane, pelo carinho, apoio e momentos de descontração.

Ao meu orientador, Dr. Marcos Rafael Nanni, pelos vastos conhecimentos transmitidos durante o curso e pela sua dedicada paciência em acreditar no meu esforço.

Aos professores do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá, pelos ensinamentos que ficarão por toda a vida.

Aos pesquisadores e toda equipe responsável pela elaboração do Plano de Manejo do Parque Cinturão Verde, pelos relevantes resultados alcançados.

Às pessoas que colaboraram de forma espontânea, respondendo o questionário.

À Associação de Proteção ao Meio Ambiente de Cianorte – APROMAC, pela longa história de luta em prol da vida e defesa da sustentabilidade do Planeta.

Enfim, agradeço a todos que de forma direta ou indireta tiveram participação em mais essa etapa da minha vida acadêmica.

## BIOGRAFIA

EDNA SUELI PONTALTI, filha de Hélio Pontalti (*In memoriam*) e de Maria Ivanir Hrescak Pontalti, nasceu na cidade de Cianorte, Estado do Paraná, no dia 28 de outubro de 1976.

De 1984 a 1987, cursou as séries primárias na Escola Municipal Barão do Cerro Azul, município de Japurá - PR.

De 1988 a 1991, cursou o Ensino Fundamental na Escola Estadual Pedro Fecchio, no município de São Tomé - PR.

De 1992 a 1995, cursou o Ensino Médio – Técnico em Contabilidade no Colégio Estadual Santos Dumont, no município de São Tomé - PR.

De 1996 a 1999, fez o Curso de Magistério, no Colégio Estadual Santos Dumont, no município de São Tomé - PR.

No ano 2000, ingressou na Universidade Paranaense, onde cursou Ciências Biológicas com Ênfase em Biotecnologia, concluindo no ano de 2003.

No ano de 2004, ingressou na Escola de Engenharia da Universidade de São Paulo, onde concluiu o Curso de Especialização em Educação Ambiental e Recursos Hídricos – Perspectivas para o Século XXI.

Em maio de 2005, foi contratada pela Associação de Proteção ao Meio Ambiente de Cianorte - PR, para executar em parceria com a Prefeitura Municipal de Cianorte e Conselho Municipal do Meio Ambiente, projetos de Educação Ambiental e Manejo da Fauna Silvestre.

No ano de 2006, ingressou na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, onde concluiu o Curso de Especialização em Gerenciamento e Auditoria Ambiental.

Em março de 2007, ingressou no Programa de Pós-graduação em Agronomia, nível Mestrado, na área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas, da Universidade Estadual de Maringá.

“A natureza é o único livro que oferece  
um conteúdo valioso em todas as suas folhas”.

*Johann Goethe*

## ÍNDICE

<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	vii
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	viii
<b>LISTA DE ABREVIATURAS</b> .....	x
<b>RESUMO</b> .....	xi
<b>ABSTRACT</b> .....	xiii
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. HIPÓTESE</b> .....	3
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	4
<b>4. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	5
4.1 CONCEITUAÇÃO DE PLANO DE MANEJO .....	5
4.1.1 Planejamento ambiental .....	6
4.1.2 Zoneamento .....	7
4.1.3 Zoneamento ecológico .....	7
4.1.4 Zoneamento do Parque Cinturão Verde .....	10
4.2 SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS – SIG .....	12
4.2.1 Componentes de um SIG .....	13
4.2.2 Processo de modelagem .....	13
4.2.3 SIG e zoneamento ecológico .....	15
4.3 MÉTODO AHP – ANALYTIC HIERARCHY PROCESS .....	16
4.3.1 Benefícios, limitações e aplicações do AHP .....	18
4.4 ÍNDICE DE KAPPA .....	18
<b>5. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	20
5.1 ÁREA DE ESTUDO .....	20
5.2 LEVANTAMENTO DE DADOS .....	23
5.3 PREPARAÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA E ESTABELECIMENTO DO BANCO DE DADOS GEORREFERENCIADO .....	23
5.3.1 Documentação cartográfica .....	23
5.3.2 Sistema computadorizado para tratamento de imagens digitais ....	23

<b>5.3.3 Sistema de Informação Geográfica e de tratamento de imagens multiespectrais .....</b>	<b>24</b>
<b>5.3.4 Composição do banco de dados do Spring .....</b>	<b>24</b>
<b>5.3.5 Manipulação das informações para a tomada de decisão .....</b>	<b>26</b>
5.3.5.1 Incorporação e cruzamento dos dados no programa Spring ...	26
5.3.5.1.1 Declividade .....	27
5.3.5.1.2 Pedologia .....	28
5.3.5.1.3 Vegetação .....	30
5.3.5.1.4 Uso e ocupação da terra .....	30
<b>5.4 APLICAÇÃO DE QUESTIONÁRIO PARA OS ESPECIALISTAS .....</b>	<b>31</b>
<b>5.4.1 Manipulação dos dados .....</b>	<b>32</b>
<b>5.4.2 Geração do mapa por meio do processo AHP e estabelecimento das zonas de manejo .....</b>	<b>35</b>
<b>5.4.3 Estabelecimento da similaridade dos mapas obtidos pelo método convencional e o SIG .....</b>	<b>36</b>
<b>6. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>37</b>
6.1 CRUZAMENTO DOS DADOS .....	39
6.2 RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO APLICADO AOS ESPECIALISTAS ...	40
6.3 GERAÇÃO DO MAPA PELO SISTEMA SPRING .....	40
6.4 COMPARAÇÃO ENTRE O ZONEAMENTO REALIZADO PELOS PESQUISADORES E O SISTEMA SPRING .....	42
6.5 AVALIAÇÃO DO MODELO OBTIDO PELO SISTEMA SPRING .....	46
<b>7. CONCLUSÕES .....</b>	<b>49</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>50</b>

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Área de cada unidade de solo mapeada na área de existência do Parque Cinturão Verde de Cianorte e suas adjacências .....	29
Tabela 2	Questionário aplicado aos especialistas .....	31
Tabela 3	Profissionais que participaram da pesquisa .....	32
Tabela 4	Agregação dos quesitos .....	33
Tabela 5	Conceitos do coeficiente de concordância Kappa .....	36
Tabela 6	Parâmetros estatísticos básicos da planialtimetria da área urbana do município de Cianorte – PR .....	37
Tabela 7	Classes de declividade e área ocupada nos módulos do PCVC e da área urbana e periurbana .....	39
Tabela 8	Áreas, em hectares, e porcentagem relativa dos zoneamentos estabelecidos pelos pesquisadores (A) e pelo sistema Spring (B) ...	43
Tabela 9	Matriz de erro gerada a partir do cruzamento entre os mapas gerados pelos especialistas e pelo sistema Spring .....	47

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Localização do Município de Cianorte – PR .....	20
Figura 2	Localização do Parque Municipal Cinturão Verde .....	21
Figura 3	Tela “banco de dados” e tela “projeto” .....	25
Figura 4	Tela “modelo de dados” e tela “painel de controle” .....	25
Figura 5	Criação do banco de dados no Spring e geração da representação cartográfica .....	27
Figura 6	Área urbana e periurbana do município de Cianorte em visão 3D ....	28
Figura 7	Representação do cruzamento dos dados inseridos no Sistema de Informação Geográficas para geração do zoneamento por meio da AHP .....	34
Figura 8	Representação da carta hipsométrica da área urbana e periurbana de Cianorte .....	38
Figura 9	Representação da carta hipsométrica do município de Cianorte ...	38
Figura 10	Produto da execução da programação em Legal a partir da equação gerada pelo método AHP .....	41
Figura 11	Modelo do zoneamento gerado pelo Spring .....	42
Figura 12	Representação dos mapas de zonas de manejo do PCVC .....	43

## LISTA DE ABREVIATURAS

AHP	Analytic Hierarchy Process
APROMAC	Associação de Proteção ao Meio Ambiente de Cianorte
CMNP	Companhia Melhoramentos Norte do Paraná
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
GPS	Global Positioning Systems
IAP	Instituto Ambiental do Paraná
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
ITCF	Instituto de Terras, Cartografia e Florestas
Legal	Linguagem Especial para Geoprocessamento Algébrico
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MNT	Modelo Numérico de Terreno
ONG	Organização Não Governamental
PCVC	Parque Cinturão Verde de Cianorte
PI	Plano de Informação
PM	Plano de Manejo
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação
SPRING	Sistema de Processamento de Informações Geográficas
UC	Unidade de Conservação
ZEFA	Zona Primitiva de Elevada Fragilidade Ambiental
ZMF	Zona Primitiva Mediamente Frágil
ZR	Zona sujeita à recuperação
ZUE	Zona de Uso Especial
ZV	Zona Sujeita à Visitação

## RESUMO

PONTALTI, Edna Sueli, MS, Universidade Estadual de Maringá, maio de 2009.  
**Subsídios para a implementação de plano de manejo em parque municipal por meio de sistema de informação geográfica.**  
Orientador: Prof. Dr. Marcos Rafael Nanni.

As unidades de conservação (UC's) são manejadas e gerenciadas segundo um planejamento específico denominado Plano de Manejo (PM), o qual precisa ser revisto e aprimorado no decorrer do tempo, para melhor se adequar à realidade da UC. Supõe-se que técnicas de análise multivariada, que relacionem um amplo conjunto de variáveis ambientais, associadas a um Sistema de Informações Geográficas (SIG), possam aprimorar e facilitar a execução de diagnósticos e elaboração de zoneamento. Utilizando-se técnicas de geoprocessamento, esse trabalho avaliou as potencialidades de um SIG, para a definição de zonas de manejo do Parque Municipal Cinturão Verde de Cianorte - PR. Para tanto, diferentes aspectos relacionados ao sistema biótico e abiótico foram obtidos e, por meio de análise hierárquica com suporte à decisão, foram gerados polígonos que representassem o zoneamento. O processo hierárquico utilizou, para geração dos polígonos, temas, cuja pontuação foi definida por pesquisadores de diferentes áreas. A eficiência do método utilizado foi avaliada por meio da análise da área de manejo definidas pelo SIG em comparação com o zoneamento realizado no Parque no ano de 2008. O método comparativo baseou-se no método estatístico de similaridade ou índice de Kappa. No zoneamento estabelecido pelo programa Spring, foram definidas cinco zonas, e o coeficiente de correlação Kappa, que mede a concordância entre os modelos, foi de 0,57, indicando que há 57% de concordância entre ambos, sendo considerado bom. Com os resultados concluiu-se que a metodologia utilizada associada ao programa Spring, compõem um sistema potencial para o uso nas etapas que envolvam o planejamento e gerenciamento de unidades de conservação, subsidiando objetivamente a tomada de decisão, principalmente no que diz respeito à geração de mapas de zoneamento, onde é possível identificar as áreas

prioritárias de visitação e as áreas de uso restrito, permitindo analisar grande volume de dados quantitativos evidenciando similaridades ou diferenças não-perceptíveis.

**Palavras-chave:** unidades de conservação, Sistema de Informações Geográficas, zoneamento ambiental, AHP.

## ABSTRACT

PONTALTI, Edna Sueli, MS, State University of Maringá, May 2009. **Subsidies for the implementation of the management plan in municipal park through geographic information system.**

Advisor: Prof. Dr. Marcos Rafael Nanni.

The conservation units (CU's) are managed according to a specific plan denominated Management Plane (MP), which needs to be revised and improved over time to better fit the reality of CU. It's certain with that multivariate techniques analysis to relate a wide range of environmental variables, linked to a Geographic Information System (GIS) can enhance and facilitate the implementation of diagnostics and zoning preparation. Using reprocessing technology, this study evaluated the potential of a GIS in the definition of management areas for the Cianorte' Green Belt Park City. Biotic and abiotic aspects were obtained and, by Hierarchical Analysis Process (HAP), were to generate polygons that make up the zoning. The HAP used for polygons generation, subjects whose score was defined by researchers from different areas. The efficiency of the method was evaluated through the analysis of the area of management defined by GIS in comparison with the zoning in the Park held in 2008. The comparative method based on the index Kappa statistical method. In the zoning established by the Spring, five areas were defined, and the correlation coefficient Kappa, was 0.57, indicating 57% of agreement, was considered good. With the results it was concluded that the methodology associated to the Spring, up a system for potential use in steps involving the planning and management of conservation units, subsidizing objective decision-making, especially with regard to the generation of maps of zoning, where you can identify the priority areas of visitation and areas of restricted use, allowing analyzing large volumes of quantitative data showing similarities or differences not perceptible.

**Key words:** conservation units, Geographic Information System, environmental zones, Hierarchical Analyses Process.

## 1. INTRODUÇÃO

As Unidades de Conservação (UC's) são porções delimitadas do território nacional, especialmente protegidas por lei, pois contém elementos naturais de importância ecológica ou ambiental. Em geral, ao se definir uma área a ser protegida, são observadas suas características naturais e estabelecidos os principais objetivos de conservação e o grau de restrição à intervenção antrópica. Esta área será, então, denominada segundo uma das categorias de Unidade de Conservação previstas por lei, das quais as principais são: Parque, Estação Ecológica, Reserva Biológica, Reserva Ecológica, Área de Proteção Ambiental, Reserva Extrativista e Área de Relevante Interesse Ecológico.

A Lei Federal 9.985 de 18 de julho de 2000, instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), composto pelo Conama, Ministério do Meio Ambiente, Ibama, órgãos estaduais e municipais ligados ao SNUC, que estabelece critérios e normas para a criação, implantação e gestão das Unidades de Conservação, em seu art. 2º, afirmando que

[...] entende-se por Unidade de Conservação o espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob o regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção.

O planejamento e gerenciamento ambiental exigem a espacialização de um conjunto de dados que necessitam ser comparados, sobrepostos e avaliados de maneira integral. Desta forma, o uso de sistemas computacionais capazes de gerenciar bancos de dados georreferenciados, torna-se imprescindível, sendo os SIG's (Sistemas de Informações Geográficas), cada vez mais sofisticados, para formular diagnósticos e avaliações de alternativas de ações e manejo ambiental, representando assim, uma ferramenta essencial nos estudos de planejamento e gerenciamento dos recursos naturais.

O presente trabalho aplica-se ao Parque Cinturão Verde de Cianorte (PCVC), com a introdução de técnicas de geoprocessamento na elaboração de um banco de dados georreferenciados que estabelecerá o zoneamento do parque para ser utilizado como base de apoio ao gerenciamento e seu manejo.

## **2. HIPÓTESE**

Supõe-se que os sistemas de informações geográficas possibilitam a avaliação e estabelecimento de zonas de manejo em unidades de conservação (Parques Municipais), tão bem como aqueles estabelecidos pela análise conjunta de dados realizados por especialistas.

### **3. OBJETIVOS**

- avaliar as potencialidades de um sistema de informações geográficas (SIG), na definição de zonas de manejo para o Parque Cinturão Verde de Cianorte (PCVC);
- comparar o zoneamento realizado por especialistas e o SIG.

## 4. REVISÃO DE LITERATURA

### 4.1 CONCEITUAÇÃO DE PLANO DE MANEJO

O Plano de Manejo para Unidades de Conservação corresponde a um processo dinâmico que utiliza técnicas de planejamento ecológico para determinar o zoneamento de uma unidade de conservação, identificando e caracterizando em zonas além de propor seu desenvolvimento físico de acordo com suas finalidades e estabelecendo diretrizes básicas para o manejo da unidade de conservação. O conceito de plano de manejo (PM), adotado no Roteiro Metodológico (RM) do Ibama, é o que se encontra no Capítulo I, Art. 2º XVII da Lei Nº 9.985/2000, que estabelece o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC):

Documento técnico mediante o qual, com fundamento nos objetivos gerais de uma Unidade de Conservação, se estabelece o seu zoneamento e as normas que devem presidir o uso da área e o manejo dos recursos naturais, inclusive a implantação das estruturas físicas necessárias à gestão da Unidade (IBAMA, 2005).

Os objetivos principais de um Plano de Manejo são:

- levar a unidade de conservação (UC) a cumprir com os objetivos estabelecidos na sua criação;
- definir objetivos específicos de manejo, orientando a gestão da UC;
- dotar a UC de diretrizes para seu desenvolvimento;
- definir as ações específicas para o manejo da UC;
- promover a integração socioeconômica das comunidades do entorno com a UC;
- orientar a aplicação dos recursos financeiros destinados à UC.

De acordo com a Lei nº 9.985/2000, “o Plano de Manejo deve abranger a área da unidade de conservação, sua zona de amortecimento e os corredores ecológicos”.

#### **4.1.1 Planejamento ambiental**

O planejamento ambiental trabalha com grande número de variáveis (solo, vegetação, clima, fauna, geomorfologia, aspectos sociais etc.) que atuam interativamente. A complexidade, em termos estruturais e da quantidade de variáveis, requer o desenvolvimento de técnicas como suporte aos processos de tomada de decisões. Nesse sentido, os sistemas de informações geográficas (SIG's) e o sensoriamento remoto são ferramentas fundamentais no estudo e manejo dos recursos naturais, tornando o planejamento uma atividade mais dinâmica e eficiente.

O planejamento da ocupação do ambiente pelo homem tem sido um dos principais focos de preocupação para a implementação de políticas públicas e técnicas que possam discipliná-la. A implementação de um sistema de unidades de conservação constitui-se em uma estratégia para garantir a preservação dos recursos naturais e incentivar o uso sustentável destes recursos (MILANO et al., 1986).

As unidades de conservação também necessitam de planejamento para que seus objetivos de manejo sejam plenamente satisfeitos. A administração destas áreas depende exclusivamente do plano de manejo, que é o instrumento básico para traçar as diretrizes de utilização e conservação dos seus recursos naturais (WRI/UICN/PNUMA, 1992). O plano de manejo é quem define o zoneamento da unidade de conservação, com o objetivo de se caracterizar cada zona e propor ações para o seu correto desenvolvimento e utilização. Este zoneamento é feito com base na combinação dos dados de flora, fauna, vegetação, hidrografia, solos etc. Porém, delimitar o zoneamento de unidades de conservação é uma tarefa complexa, exigindo recursos que possam facilitá-la e torná-la mais eficiente. O zoneamento é utilizado pelos planejadores como instrumento básico para o ordenamento da unidade em estudo.

#### **4.1.2 Zoneamento**

Segundo Silva (2000), o zoneamento é definido como um instrumento jurídico de ordenação do uso e ocupação do solo. Seu sentido sempre esteve

muito atrelado ao zoneamento urbano em nível municipal. O termo zoneamento ambiental é mais amplo, e procurou dar mais ênfase à proteção de áreas de significativo interesse ambiental e melhoria da qualidade de vida das populações.

O zoneamento pode ser ambiental, urbano, industrial, e todas estas qualificações buscam regular o uso da propriedade do solo e dos edifícios em áreas homogêneas no interesse coletivo da população. Pode ser executado nos níveis nacional, estadual, regional e municipal. O zoneamento ambiental foi declarado como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente (inciso II, artigo 9º, Lei nº 6.938/81). A Constituição do Estado do Rio de Janeiro, de 1989, determina que o Estado, com a participação dos municípios e da comunidade, promoverá o zoneamento ambiental do seu território (art. 263).

Na maioria dos demais Estados brasileiros, o zoneamento ambiental também faz parte dos preceitos constitucionais e tem sido utilizado como parte dos planos diretores de manejo das áreas de proteção ambiental, criadas a partir de 1981.

#### **4.1.3 Zoneamento ecológico**

O zoneamento ecológico consiste no parcelamento de uma área geográfica em setores ou zonas onde, depois de realizadas as devidas análises, certas atividades são permitidas e outras são proibidas ou limitadas. Consiste em identificar quais áreas mais adequadas para cada uso ou objetivo de manejo. Portanto, o zoneamento é um procedimento usado para estratificar a área, segundo critérios técnico-científicos, visando à prescrição de normas e ações (GRIFFITH et al., 1995).

Um zoneamento tem por objetivo, ordenar o território segundo suas características bióticas e abióticas básicas, por meio do agrupamento de áreas e seus conjuntos formam unidades de terra relativamente homogêneas, a fim de entender as individualidades de cada unidade propondo-lhes usos diferenciados para o melhor aproveitamento de seus potenciais e, também, de entender a dinâmica de funcionamento destas unidades em conjunto, respeitando suas inter-relações e limitações.

Assim, a legislação ambiental nacional reafirma os zoneamentos como importante instrumento de planejamento ambiental (Lei Federal nº 6.938/81), contribuindo para disciplinar o uso das terras, organizar o espaço e solucionar conflitos de uso. Podem ser estabelecidos em diferentes escalas espaciais (para uma região, município, cidade, bairro etc) e com diferentes enfoques de uso (rural, urbano e conservacionista).

No planejamento de unidades de conservação, o zoneamento constitui a primeira etapa de sua organização interna, que deve culminar no estabelecimento de um plano de manejo.

Assim, o zoneamento tem por finalidade relacionar as atividades previstas para a unidade de conservação (científicas, culturais, recreativas, preservacionistas), aos locais mais apropriados à sua realização, conforme as características físicas e bióticas locais, a fim de compatibilizar a conservação dos recursos naturais com outros usos. Cada parcela (ou zona) estabelecida atende a um ou mais objetivos da unidade de conservação e possui as devidas restrições ao uso.

Observa-se, porém, que apenas o zoneamento interno da unidade de conservação não é suficiente à sua proteção, sendo imprescindível também o controle das atividades em seu entorno. Um primeiro reconhecimento dessa necessidade é expresso legalmente pelo Decreto Federal nº 99.274/90, que institui um raio de proteção de 10 km ao redor das unidades de conservação, onde as atividades deverão ficar subordinadas às normas editadas pelo Ibama.

É durante o processo de zoneamento que são identificadas as áreas de maior fragilidade e são tomadas decisões acerca daquelas mais relevantes à conservação, dos locais a serem recuperados e da infraestrutura necessária. No entanto, para que estas decisões sejam possíveis, é necessário o conhecimento da composição, estrutura e dinâmica dos ecossistemas. Esse conhecimento passa pela análise das características geomorfopedológicas, biológicas e antrópicas da unidade de conservação e da região em que se insere. Assim sendo, a abordagem em planejamento ambiental deve ser necessariamente holística, ou seja, considerando e interconectando todos os componentes do meio.

O maior problema no planejamento de unidades de conservação caracteriza-se pela complexidade advinda do número de variáveis envolvidas,

as suas inter-relações e as incertezas associadas às mensurações destas mesmas variáveis e a forma pela qual devem ser combinadas.

Nos últimos anos, esforços têm sido despendidos no sentido de se desenvolver técnicas e procedimentos, associados com SIG's, para equacionar decisões que envolvem múltiplos critérios e objetivos (CHEN et al., 1994; EASTEMAN et al., 1995; HICKEY; JANKOWSKI, 1997).

A imprecisão no conhecimento está associada a praticamente todos os processos de tomada de decisões, e estas imprecisões podem ter basicamente duas origens: os dados obtidos e as incertezas nas regras de decisão. Incertezas incluem qualquer erro, conhecido ou não, ambiguidades ou variações na base de dados e nas regras de decisão (EASTMAN, 1997). Portanto, incertezas podem surgir de erros nas medições dos parâmetros, ambiguidade conceitual ou desconhecimento acerca de parâmetros importantes do modelo.

De acordo com Bollmam (2001), não se deve levar em conta simplesmente os fatores ambientais, mas suas inter-relações com as atividades humanas. Neste aspecto, pode-se enxergar o meio ambiente sobre dois pontos de vista: a) o ecológico, que leva em conta a degradação de seus subsistemas e; b) o econômico, que leva em conta fatores como saúde e saneamento básico, entre outros.

Portanto a medição do desempenho ambiental deve estar vinculada a ações antrópicas, estabelecendo um índice que inter-relacione os indicadores, ponderando-se por meio de um método para que assim se estabeleça uma sistemática de acompanhamento do desempenho ambiental perante um índice que represente o ótimo global, em um dado espaço de tempo.

Nos processos de tomada de decisão, uma questão fundamental é estabelecer como determinado atributo interfere no processo, definindo um critério pelo qual ele limitará as opções de resolução do problema. Geralmente, o limite deste critério não é muito claro, aparecendo então incertezas e imprecisões.

Alguns pontos relevantes devem ser priorizados na elaboração do zoneamento conforme Becker e Egler (1996):

- a. representar instrumento técnico de informações sobre o território, necessário para a sua ocupação racional e o uso sustentável dos recursos naturais;
- b. promover informação integrada em uma base geográfica;
- c. classificar o território de acordo com a sua capacidade de suporte ao uso e ocupação; e
- d. ser condicionante de planejamento e de gestão para o desenvolvimento em bases sustentáveis, colocando-se como instrumento corretivo e estimulador desse desenvolvimento.

Segundo Brasil (1991), o zoneamento ambiental possui vantagens por:

- a. permitir que se determine limite de possíveis irreversibilidades, por conflitos ambientais e pontos de fragilidade biológica, antes que se tomem decisões sobre o uso de cada área que, de outra forma, poderiam causar danos irreversíveis tendo, portanto, caráter preventivo;
- b. identificar as atividades antrópicas para cada setor da unidade ambiental e seu respectivo manejo, possibilitando a descentralização de comando e decisão; e
- c. pelo fato da metodologia de zoneamento ambiental ser flexível, permite que se adapte a definição e manejo de uma zona.

Portanto, o zoneamento ambiental constitui-se em um instrumento para os gestores e todas as demais partes envolvidas que buscam o desenvolvimento em bases sustentáveis.

#### **4.1.4 Zoneamento do Parque Cinturão Verde**

O zoneamento, segundo o SNUC em seu artigo 2º, se expressa pela

[...] definição de setores ou zonas em uma unidade de conservação com objetivos de manejo e normas específicas, com o propósito de proporcionar os meios e as condições para que todos os objetivos da unidade possam ser alcançados de forma harmônica e eficaz.

Considerando que o Parque Cinturão Verde é uma unidade de conservação de uso indireto, o zoneamento visa basicamente:

- organizar o espaço físico para promover o uso da área de forma compatível com a categoria de manejo e não provocar sua degradação;
- definir áreas necessárias à intervenção para a recuperação;
- mapear as áreas destinadas à proteção integral.

Portanto, para atender os objetivos de manejo de um Parque Municipal foram definidas pelo Plano de Manejo (2009) as seguintes zonas de manejo.

- ***Zona Primitiva de Elevada Fragilidade Ambiental – (ZEFA)***

São todas as áreas próximas aos canais de drenagem que apresentam remanescentes com representatividade do ambiente natural, onde a primitividade do local permanece a mais preservada possível, não se tolerando quaisquer alterações humanas, sendo permitida somente a pesquisa científica, mediante autorização dos órgãos ambientais. O objetivo principal da ZEFA é resguardar essas áreas e a proteção integral dos ecossistemas naturais, mantendo-se o sistema natural livre, principalmente de degradação advinda de processos erosivos.

- ***Zona Primitiva Mediamente Frágil – (ZMF)***

Nas áreas categorizadas como ZMF estão abrangidos todos os remanescentes de melhor representatividade do ambiente natural do Parque Cinturão Verde, tendo como objetivo principal a proteção integral dos ecossistemas naturais endêmicos, recursos genéticos e espécies ameaçadas, preservação e monitoramento ambiental.

- ***Zona sujeita à recuperação – (ZR)***

Esta zona tem caráter provisório e uma vez recuperado, a área pode ser incorporada em outras zonas anteriormente descritas ou mesmo para visitação, dependendo de sua capacidade suporte e condições locais que possam restringir seu acesso, mesmo restabelecida a vegetação natural. As

áreas constantes nessas zonas caracterizam-se por apresentar degradações resultantes da interferência humana, combinadas aos processos naturais, tais como queimadas e quedas de árvores pelo vento. Compreendem as áreas de recuperação aquelas cuja vegetação encontra-se substancialmente alterada, com presença de vegetação secundária, devendo passar por processo de restauração tanto natural como induzido.

- **Zona Sujeita à Visitação – (ZV)**

É constituída por áreas naturais ou alterada onde o ambiente apresenta condições de estabilidade para possibilitar o acesso intensivo. A vegetação é bem desenvolvida, sobre os solos com elevado suporte as condições químicas e de erosão.

- **Zona de Uso Especial – (ZUE)**

É aquela constituída por áreas naturais ou alteradas pelo homem onde há a presença de construções existentes dentro dos limites do parque com finalidade à recreação, manutenção das atividades do parque, compostas por áreas onde se encontram o Centro de Educação Ambiental e a Secretaria Municipal do Meio Ambiente (PLANO DE MANEJO, 2009).

#### 4.2 SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS – SIG

Inicialmente, é necessário enfatizar que a informação é uma ferramenta essencial no suporte às atividades de gerenciamento na sociedade contemporânea, na qual as mudanças ambientais estão ocorrendo com rapidez singular. De Man (1990) observa que a função intrínseca da informação é reduzir as incertezas no processo de tomadas de decisão, oferecendo várias alternativas para que se possa escolher a solução ótima.

O SIG é um caso específico de sistemas de informações que manipula dados georreferenciados. Goodchild (1985) define um SIG como um sistema de informação que utiliza uma base de dados espaciais para responder questões de natureza geográfica. Cowen (1998) define SIG dentro de uma abordagem de suporte à decisão, no qual são utilizados dados

georreferenciados integrados a um sistema de referência comum. Burrough (1988) define um SIG, como uma visão de “tool-box”, como um conjunto de ferramentas para a coleta, armazenamento, recuperação, transformação, exibição e representação de dados geográficos do mundo real para um conjunto particular de propósitos.

De acordo com Silva (1999), além de responder as questões sobre localização, condição, tendência, rota, padrão, simulação e modelamento, o SIG pode ainda: produzir mapas mais elaborados, de forma rápida e com baixo custo; produzir mapas específicos de acordo com a personalização implementada; permitir diferentes representações gráficas, usando o mesmo banco de dados; possibilitar a automação da atualização e revisão e; revolucionar a análise quantitativa de dados espaciais.

#### **4.2.1 Componentes de um SIG**

O SIG tem sido abordado também como um conjunto de sub-sistemas: *input* ou entrada de dados geográficos e sua edição (documentos cartográficos, levantamentos de campo, sensores remoto, dados tabulares etc.); gerenciamento e processamento da base de dados geográficos (armazenamento e recuperação de dados, manipulação e análise) e *output*, visualização e plotagem (relatórios, mapas, tabelas, input para modelos, produtos fotográficos etc.) (YOUNG, 1987).

Câmara e Medeiros (1996) acrescentam a essa estrutura de SIG importante componente, que é a interface com o usuário que define como o sistema é operado e controlado. Os usuários devem apontar os procedimentos e definir as questões do SIG, para que as funcionalidades do sistema sejam especificadas.

#### **4.2.2 Processo de modelagem**

Um modelo é uma construção artificial na qual partes de um domínio (*domínio fonte* – entidades, relacionamentos e processos) podem ser representadas em outro domínio (*domínio alvo* – base de dados geográficos,

mapas), com um propósito de simplificar o *domínio fonte* e com o qual pode explicar e testar o *domínio fonte* (WORBOYSS, 1995).

Portanto o processo de modelagem é a forma que se dispõe para traduzir o mundo real (fenômenos geográficos, uma casa, uma cadeira, um carro etc.) em outros domínios (mapas, base de dados, planta baixa, design de um veículo etc).

Dentro de um ambiente de SIG, Câmara e Medeiros (1996) enfatizam que um modelo de dados é um conjunto de ferramentas conceituais utilizado para descrever como a realidade geográfica será representada no sistema.

Câmara et al. (1996) distinguem quatro níveis de abstração do mundo real, aplicada à modelagem de dados geográficos:

1. **Universo do mundo real:** encontram-se os fenômenos a serem representados (classes de solos, cadastro urbano e rural, dados geofísicos e topográficos);
2. **Universo Conceitual:** classes formais de dados geográficos (dados contínuos e objetos individualizáveis) e especialização dessas classes nos tipos de dados geográficos utilizados comumente (dados temáticos e cadastrais, modelos numéricos do terreno, dados de sensoriamento remoto).

Dentro da abordagem orientada por objetos, esse nível permite modelar o mundo real como um conjunto de classes de objetos, classificadas em *classes convencionais* (objetos não espaciais) e *classes georreferenciadas ou geoclasses* que se subdividem em:

- **Geo-Objeto:** as instâncias de Geo-Objeto são formadas por uma componente espacial (localização) e uma convencional. Possui uma única identidade (cadastral);
- **GeoCampo:** as instâncias de GeoCampo possuem atributos espaciais de localização (R), contradomínio (V) e mapeamento ( $f: R \rightarrow V$ ). Os GeoCampos podem ser especializados em: *Temático* (um mapa de vegetação natural), *Numérico Dado Sensoriamento* (dados de sensores remotos).

3. **Universo de Representação:** entidades formais definidas no universo conceitual são associadas a diferentes representações geométricas, que podem variar conforme a escala e a projeção cartográfica escolhida. Essas representações podem ser matricial e vetorial e podem ser especializadas (subdivisão planar, grade triangular e outras).
4. **Universo de Implementação:** realização do modelo de dados por meio de linguagem de programação. Escolhem-se as estruturas de dados para implementar as geometrias do universo de representação.

#### 4.2.3 SIG e zoneamento ecológico

Os zoneamentos ambientais geralmente baseiam-se na análise integrada de um volume muito grande de dados. Desde meados dos anos 80, a literatura tem sido enriquecida com experiências diversas do uso de SIG's, em zoneamentos para facilitar o manuseio dos dados coletados.

Roig et al. (1996) propõem uma metodologia de zoneamento usando SIG, que passa pelo estabelecimento de unidades homogêneas de paisagem, a partir da análise de diversas fontes de informação. Para se definir essas unidades homogêneas de paisagem, são necessárias informações sobre a geomorfologia, a vegetação e o uso e ocupação da área. A geomorfologia reúne informações sobre o relevo tais como a hidrografia, a geologia e o solo; a vegetação que indica as condições de solo, do clima, do relevo, da disponibilidade hídrica e do grau de antropização na área; e o uso e ocupação mostrando a ação humana sobre o local a ser zoneado. Combinando-se esses fatores em uma base cartográfica, pode-se chegar ao estabelecimento de unidades de paisagem bem próximas do mundo real, conduzindo a um zoneamento quantitativo.

Essa análise pode ser feita manualmente ou por meio de técnicas de geoprocessamento, em que estão incluídos os Sistemas de Informações Geográficas – SIG's. As análises realizadas dentro de um SIG possibilitam melhor visualização, além de cálculos de áreas, perímetros e distâncias dos temas de interesse. Além disso, as informações obtidas por sensores remotos,

orbital e aéreo bem como interpretações de modelo digital do terreno podem ser incluídos, para ampliar o espectro de variáveis analisadas. Em ambientes de SIG, as informações ganham espacialidade e permitem a localização no campo com auxílio de GPS (Global Positioning Systems), a fim de facilitar a conferência das unidades estabelecidas no zoneamento.

A modelagem que se utiliza SIG pode ser baseada em modelo diagnóstico ou modelo prognóstico (CARTER, 1994). Na elaboração de zoneamentos, no qual se deseja selecionar áreas com certa adequação, o objetivo é alcançado por meio de modelos diagnósticos, que envolvem simples operações booleanas, como multiplicação (inserção = OR), soma (união = AND) e negação.

#### 4.3 MÉTODO AHP – *ANALYTIC HIERARCHY PROCESS*

A tomada de decisão em um ambiente complexo, normalmente, envolve múltiplos critérios, dados imprecisos e/ou incompletos, múltiplos agentes de decisão etc. Para servir de apoio a esse processo surgiu, na década de 70, um campo da Pesquisa Operacional denominado Apoio Multicritério à Decisão.

O *AHP* (*Analytic Hierarchy Process*) é um dos métodos multicritério mais utilizado no apoio à tomada de decisão e na resolução de conflitos negociados, em problemas com múltiplos critérios. Conforme aponta Saaty (1980), os princípios da análise lógica que fundamenta o AHP são:

- **Hierarquia:** consiste na técnica de organizar as ideias nascidas nas mentes humanas, de forma a facilitar a análise e a exploração de cada parte que as constitui;
- **Prioridades:** a mente humana também tem habilidade de perceber as relações de resultados de suas observações, comparando pares ou similares dessas observações ou fatos, utilizando determinado critério e discriminando, entre os pares, a intensidade ou a preferência de um sobre o outro. A aplicação do *AHP* permite entender o sistema como um todo;

- **Consistência lógica:** este é o terceiro princípio do *AHP*, que consiste na capacidade de estabelecer uma lógica para cada um dos elementos, relacionando o seu nível de consistência;

Segundo Saaty (1980), sua teoria

[...] reflete o que parece ser um método natural de funcionamento da mente humana. Ao defrontar-se com um grande número de elementos, controláveis ou não, que abrangem uma situação complexa, ela os agrega em grupos, segundo propriedades comuns.

A questão central do método é identificar com que peso os fatores individuais do nível mais baixo de uma hierarquia influenciam seu fator máximo, ou seja, o objetivo geral.

A ideia central da teoria da análise hierárquica, introduzida por Saaty, é a redução do estudo de sistemas a uma sequência de comparações aos pares. A utilidade do método realiza-se no processo de tomada de decisões, minimizando suas falhas.

Para o autor, a teoria reflete o método natural de funcionamento da mente humana, isto é, diante de um grande número de elementos (controláveis ou não), a mente os agrega em grupos segundo propriedades comuns. O cérebro repete esse processo e agrupa novamente os elementos em outro nível “mais elevado”, em função de propriedades comuns existentes nos grupos de nível imediatamente abaixo. A repetição dessa sistemática atinge o nível máximo quando este representa o objetivo do nosso processo decisório. E, assim, é formada a hierarquia, por níveis estratificados.

Para analisar os elementos dessa hierarquia, a questão definida pelo criador da teoria é: com que peso os fatores individuais do nível mais baixo da hierarquia influenciam seu fator máximo, ou seja, o objetivo geral? Desde que essa influência não seja uniforme em relação aos fatores, chegamos às prioridades, que são os pesos relativos desenvolvidos para destacar as diferenças entre os critérios.

O *Decision Support Systems Glossary* (DSS, 2006) define AHP como “uma aproximação para tomada de decisão que envolve estruturação de multicritérios de escolha numa hierarquia. O método avalia a importância

relativa desses critérios, compara alternativas para cada critério, e determina um *ranking* total das alternativas”.

Saaty (1991) explica que a determinação das prioridades dos fatores mais baixos com relação ao objetivo reduz-se a uma sequência de comparação por pares, com relações de *feedback*, ou não, entre os níveis. Essa foi a forma racional encontrada para lidar com os julgamentos. Por meio dessas comparações, por pares, as prioridades calculadas pelo AHP capturam medidas subjetivas e objetivas e demonstram a intensidade de domínio de um critério sobre o outro ou de uma alternativa sobre a outra.

#### **4.3.1 Benefícios, limitações e aplicações do AHP**

Segundo Saaty (1994), o benefício do método é que, como os valores dos julgamentos das comparações paritárias são baseados em experiência, intuição e também em dados físicos, o AHP pode lidar com aspectos qualitativos e quantitativos de um problema de decisão.

Grandzol (2005) afirma que por reconhecer que participantes podem estar incertos ou fazer julgamentos pobres em algumas comparações, o método de Saaty envolve comparações redundantes para melhorar a validade destas. O autor adverte que a tolerância de inconsistências não é uma limitação, mas um retrato da realidade.

Assim, a aplicação do AHP inclui e mede todos os fatores importantes, qualitativa e quantitativamente mensuráveis, sejam eles tangíveis ou intangíveis, para se aproximar de um modelo realista.

Contudo, é preciso também reconhecer as limitações. Uma das limitações do método é a sua aplicação inadequada, isto é, em ambientes desfavoráveis onde a aplicação é percebida como simplificação excessiva ou como desperdício de tempo.

#### **4.4 ÍNDICE DE KAPPA**

O programa Kappa foi desenvolvido dentro de um ambiente de um SIG com o objetivo de permitir a rápida comparação entre mapas ou procedimentos considerados na elaboração destes mapas, segundo os conceitos

preconizados por Congalton et al. (1983). Dentro de um SIG, os mapas são considerados como Planos de Informação (PI's), os quais são passíveis das mais variadas formas de manipulação. Especificamente para as comparações pretendidas entre mapas ou mapas e dados de campo, via os valores do estimador de  $k$  (Kappa), as funções presentes, num SIG, permitem a rápida elaboração de matrizes de erros, segundo os mais variados procedimentos que incluem a averiguação pixel a pixel dos mapas, ou até mesmo a coleta de dados mediante à seleção de amostras sobre o mapa em análise.

O parâmetro Kappa ( $k$ ) é uma medida de concordância geral, calculado para cada matriz e é baseado na diferença entre a concordância real da classificação e a concordância por puro acaso. A concordância real corresponde à concordância entre os dados da classificação efetuada e os dados de referência ou de verdade terrestre, sendo indicada pelos elementos da diagonal. A concordância por puro acaso é dada pelo produto dos valores marginais das linhas e colunas (CONGALTON et al., 1983). O parâmetro  $k$  é um coeficiente de concordância que considera toda a matriz de erro.

## 5. MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1 ÁREA DE ESTUDO

Ao redor da área urbana do município de Cianorte – PR (Figura 1), encontra-se o Parque Cinturão Verde de Cianorte (PCVC) compreendendo, atualmente, a área de 31.199,35 m<sup>2</sup> ou 311 ha. Está localizado a 23°37'43"; 23° 40'54,77" Latitude Sul e 52°34'40"; 52° 37'41,36" Longitude Oeste. O PCVC é composto, atualmente, por vários lotes urbanos subdividido em cinco principais módulos: Mandhuy, Corujinha, Cristalino, Fantasmilha e Uruçora (Figura 2).

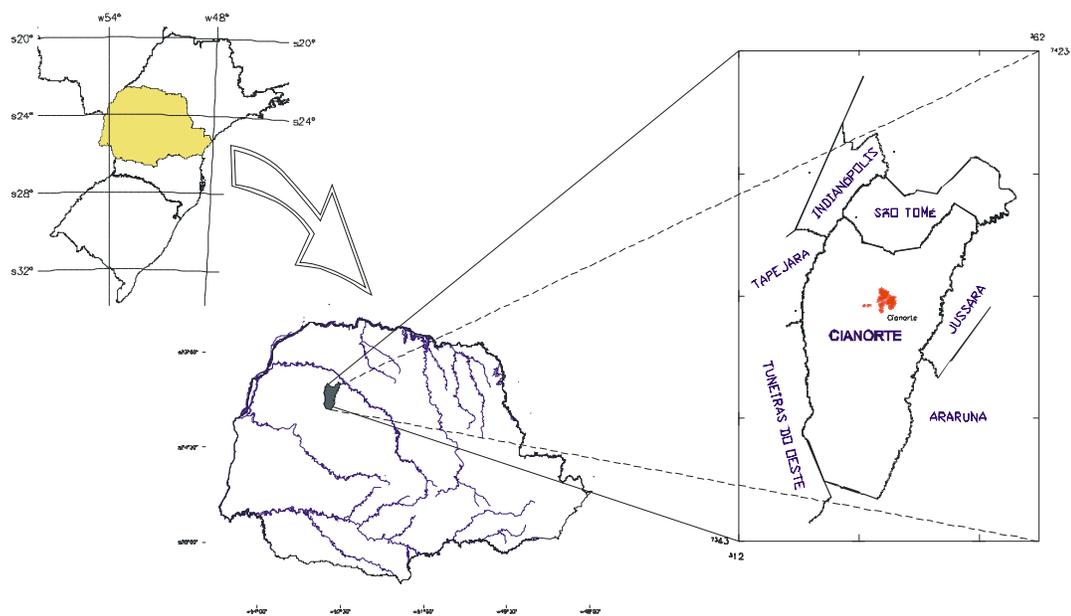


Figura 1 – Localização do município de Cianorte - PR.

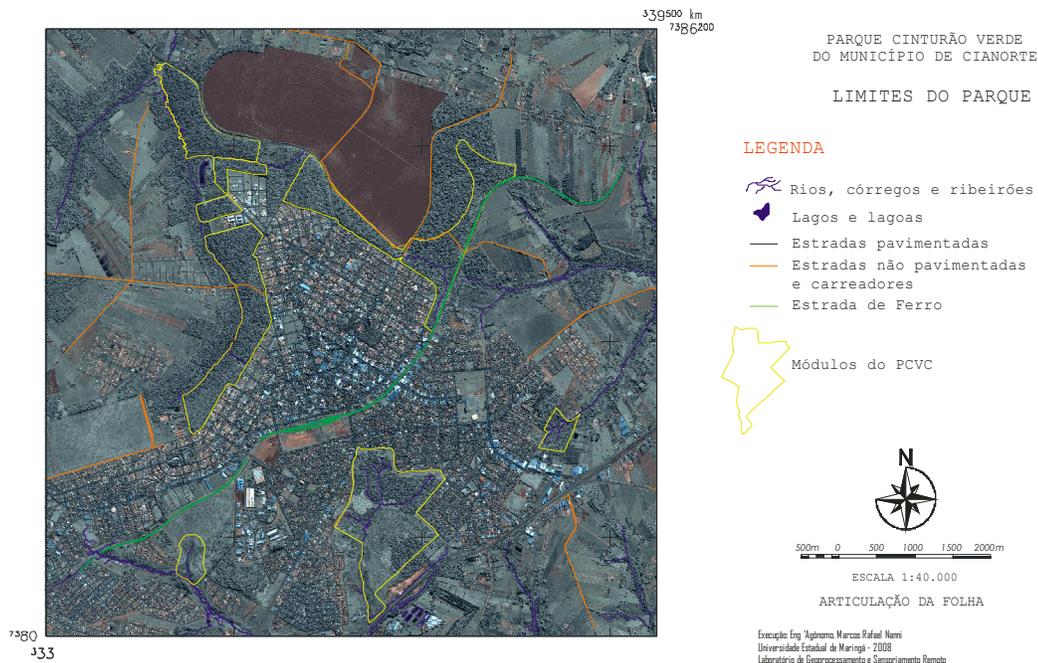


Figura 2 – Localização da área de estudo - Parque Cinturão Verde

Apesar do Parque Cinturão Verde de Cianorte (PCVC) apresentar apenas 311 ha de área, o mesmo expressa, não apenas em relação ao Estado do Paraná, mas em nível nacional como uma luta idealizada pela Associação de Proteção ao Meio Ambiente de Cianorte – Apromac, apoiada pela comunidade local em preservar e manter resguardado um patrimônio que é seu, para suas necessidades atuais e futuras, garantindo que não apenas poucos, mas muitos têm o direito de ter, para sua satisfação, os benefícios de um ambiente ecologicamente equilibrado e harmoniosamente implantado.

A criação do PCVC, enquanto Unidade de Conservação (UC) representa uma das melhores estratégias de proteção aos atributos e patrimônio naturais locais, estando atualmente protegida pelo poder público, com apoio de empresas e constante fiscalização de organizações não-governamentais (ONG's).

Segundo o Instituto Ambiental do Paraná – IAP, nestas áreas, a fauna e a flora são conservadas, assim como os processos ecológicos que regem os ecossistemas, para garantir a manutenção do estoque da biodiversidade e a sustentabilidade dos recursos naturais, uma vez que as mesmas são criadas e geridas por instrumentos legais específicos, que definem seus limites,

dimensão, e organismo gestor, tendo este o compromisso de inserir um sistema estruturado cuja finalidade seja a de organizar, proteger e gerenciar estas áreas protegidas, apoiado por legislação específica.

O PCVC enquadra-se no Bioma da Mata Atlântica num pequeno fragmento cuja formação florestal original é composta pela Floresta Estacional Semidecidual.

Por se tratar de um parque urbano, o mesmo sofre as mais variadas pressões, desde o âmbito do crescimento e desenvolvimento populacional e suas consequências e situar-se rodeado por áreas agrícolas de diferentes dimensões e variadas atividades.

Desta forma, a unidade de conservação sofre pressões tanto de dentro para fora como de fora para dentro nos mais variados aspectos e graus, que compreende desde a entrada de pessoas em locais não-autorizados para diversas práticas como consumo de drogas, vandalismo, depósito de lixo, rituais, coleta de produtos da mata, incêndios criminosos e, até mesmo, pesticidas aplicados na área rural contornando o parque que acaba por serem carregados para a área de mata (NANNI et al., 2009).

A beleza paisagística do Parque Municipal Cinturão Verde confere à área um dos principais atrativos do município de Cianorte. É impossível caracterizar a paisagem de Cianorte sem enfatizar o exuberante “cinturão verde” que envolve a cidade. A característica principal do Parque Cinturão Verde de Cianorte (PCVC) é a sua localização: ele praticamente abarca o perímetro urbano da cidade de Cianorte, daí o seu nome “Cinturão Verde”.

Segundo Eleutério Langowski<sup>1</sup>, este nome surgiu quase que por acaso durante as negociações entre o antigo ITCF e a CMNP, toda a correspondência encaminhada levava o nome de Reserva Florestal de Cianorte. “... de repente alguém falava “cinturão verde”. Especificamente, esse nome chamou atenção quando o Dr. Manuel Duque Bárbara<sup>2</sup> que sempre perguntava como estava a luta, pronunciou cinturão verde. A partir de então, passei a denominar em todos os documentos, essa área, como cinturão verde de Cianorte, nome que foi rapidamente assimilado pela população e pelas autoridades e mídia.”

---

<sup>1</sup> Funcionário do Instituto Ambiental do Paraná e fundador da Associação de Proteção ao Meio Ambiente de Cianorte.

<sup>2</sup> Médico Oftalmologista.

## 5.2 LEVANTAMENTO DE DADOS

Dentro dos objetivos propostos, os trabalhos foram iniciados pela revisão bibliográfica referente ao material cartográfico existente da área de estudo. Isto permitiu estabelecer quais materiais deveriam ser utilizados e, na sua inexistência, necessariamente adquiridos para complementação do arquivo utilizado para preparação da base cartográfica.

## 5.3 PREPARAÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA E ESTABELECIMENTO DO BANCO DE DADOS GEORREFERENCIADO

### 5.3.1 Documentação cartográfica

A documentação cartográfica utilizada para este trabalho foi a mesma utilizada para a elaboração do Plano de Manejo, constituída por:

- a) cartas planialtimétricas em escalas 1:50.000 com curvas de nível equidistantes em 20 m, e 1:100.000 com curvas de nível equidistantes em 50 m;
- b) carta pedológica;
- c) carta climática do Estado do Paraná;
- d) mapas geológicos e geomorfológicos;
- e) fotografias aéreas pancromáticas verticais em escala 1:25000;
- f) imagens orbitais;

### 5.3.2 Sistema computadorizado para tratamento de imagens digitais

Para a manipulação das imagens orbitais no formato digital, fez-se necessária a utilização de uma estação de trabalho formada pelos seguintes equipamentos:

- microcomputador PC-AT;
- mesa digitalizadora;
- plotter com tecnologia jato de tinta;
- scanner de mesa;
- impressora.

### 5.3.3 Sistema de Informação Geográfica e de tratamento de imagens multiespectrais

Com o objetivo de se obter e manipular o banco de dados georreferenciado, a utilização de um sistema de informações geográficas se faz necessária, uma vez que tais sistemas, adequados e corretamente utilizados, tornam-se poderosas ferramentas que permitem a integração entre dados obtidos de diferentes fontes (imagens orbitais, mapas planialtimétricos, mapas geológicos etc.). Para a execução dos trabalhos foi utilizado, em todo o decorrer do processo, o programa Spring e a linguagem Legal - Linguagem Especial para Geoprocessamento Algébrico, ambos desenvolvidos pelo INPE (INPE, 1999).

### 5.3.4 Composição do banco de dados do Spring

Todos os dados georreferenciados utilizados na pesquisa foram importados para o programa Spring, constituindo-se um banco de dados geográficos do Parque e seu entorno. O Spring é um SIG baseado num modelo de dados orientado-a-objetos<sup>3</sup> e opera um banco de dados geográficos que suporta grande volume de informações, sem limitações de escala, projeção e fusos integrando, numa só estrutura, dados vetoriais (mapas), dados matriciais ou “raster” geralmente imagens de satélite e dados de tabelas.

Funciona em ambiente Windows e possui uma interface relativamente amigável com o usuário por meio da combinação de menus e janelas com linguagem espacial facilmente programável pelo usuário (Legal - Linguagem Espaço-Geográfica baseada em Álgebra). O sistema gerenciador de banco de dados utilizado foi o ACCESS.

A estrutura de organização dos dados obedece a criação de um banco de dados que corresponde fisicamente a um diretório onde é armazenado todo o esquema conceitual do banco, com as definições de modelo de dados, categoria, classe, projeto e planos de informações (PIs) (Figuras 3 e 4).

---

<sup>3</sup> O termo “**orientação-a-objetos**” denota um paradigma de trabalho que vem sendo utilizado de forma ampla para o projeto e implementação de sistemas computacionais. A ideia geral da abordagem de orientação-a-objetos a um problema é aplicar as técnicas de classificação. Os dois conceitos fundamentais em orientação-a-objetos são os conceitos de **classe** e **objeto**. Um objeto é uma entidade que possui uma descrição (atributos) e uma identidade. Uma classe reúne objetos que compartilham propriedades em comum.

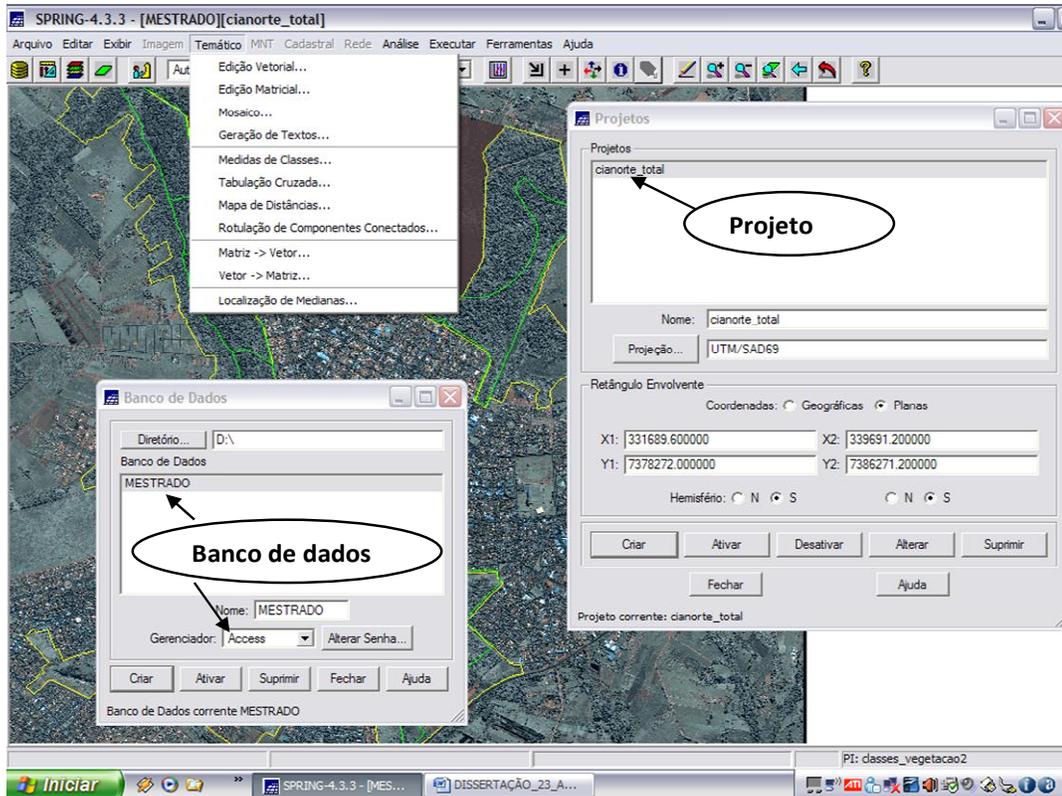


Figura 3 – Tela “banco de dados” e tela “projeto”.

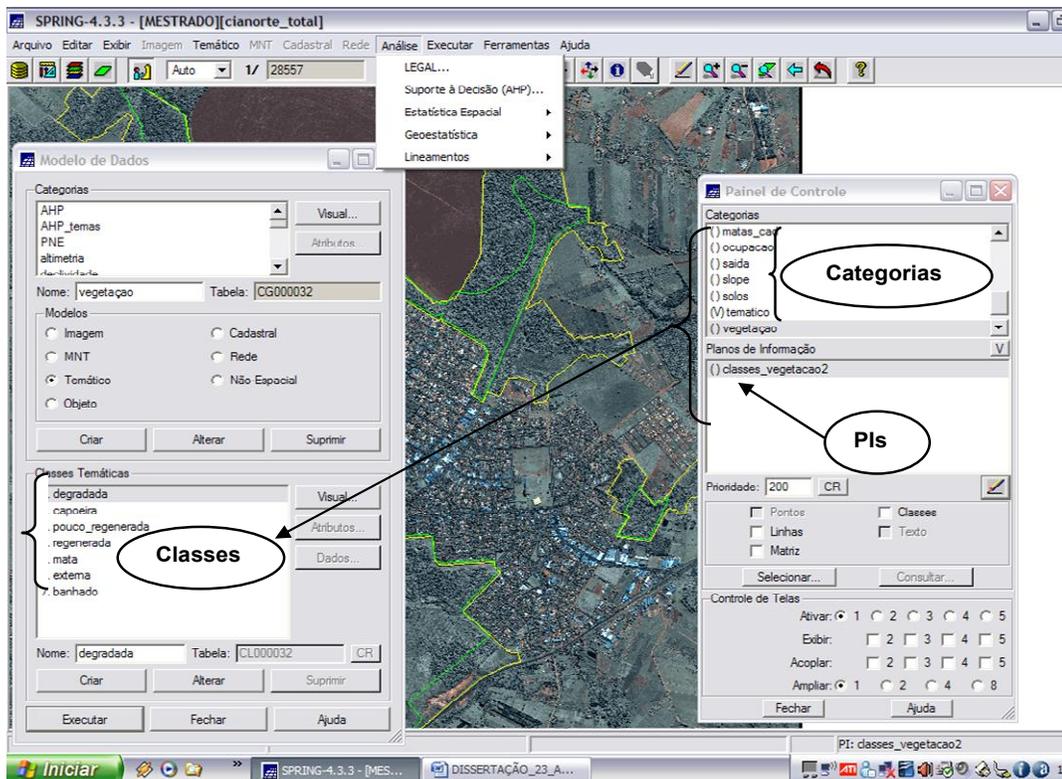


Figura 4 – Tela “modelo de dados” e tela “painel de controle”.

Os modelos de dados referem-se aos tipos de dados que podem ser armazenados, ou seja: temático, numérico, imagem, objeto, rede, cadastral e não-espacial (tabelas). A categoria refere-se ao dado proveniente de uma determinada fonte (imagem satélite) e deve sempre pertencer a um modelo de dado. A classe é uma especialização da categoria como, por exemplo, vegetação, solos, ocupação, zoneamento, declividade, erosão, altimetria etc. O projeto é a declaração física da localização da área para a qual serão armazenadas as informações utilizando, para isto, um sistema de coordenadas e projeção geográfica. Os projetos são sempre armazenados em subdiretórios com seus arquivos de dados, tais como, pontos, linhas, imagens orbitais e aéreas, imagens temáticas, textos, grades e objetos que compõem o plano de informação (PIs).

Um sistema de geoprocessamento, o Spring, não é simplesmente um sistema computacional projetado para fazer mapas, embora ele possa criar diferentes escalas, em diferentes projeções. Ele é, principalmente, uma ferramenta de análise que auxilia na tomada de decisões (INPE, 2006). De acordo com Medeiros e Pires (1998), a maneira com que os dados são armazenados em um banco de dados facilita a organização, consulta e atualização das informações.

### **5.3.5 Manipulação das informações para a tomada de decisão**

Com os dados obtidos em campo por meio das pesquisas e levantamentos realizados no Plano de Manejo sobre a vegetação, solos, ocupação, altimetria, erosão, declividade e hidrografia, foi possível inserir essas informações no programa Spring para o cruzamento dos dados.

#### **5.3.5.1 Incorporação e cruzamento dos dados no programa Spring**

Com objetivo de estabelecer o banco de dados do Spring, as informações, obtidas em campo por meio das pesquisas e levantamentos no Plano de Manejo, foram criados os seguintes Planos de Informação (PIs) dentro do modelo temático: declividade, vegetação, solos, ocupação, hidrografia e erosão. Nos PIs, foram criadas classes temáticas necessárias para gerar diferentes representações cartográficas (Figura 5).

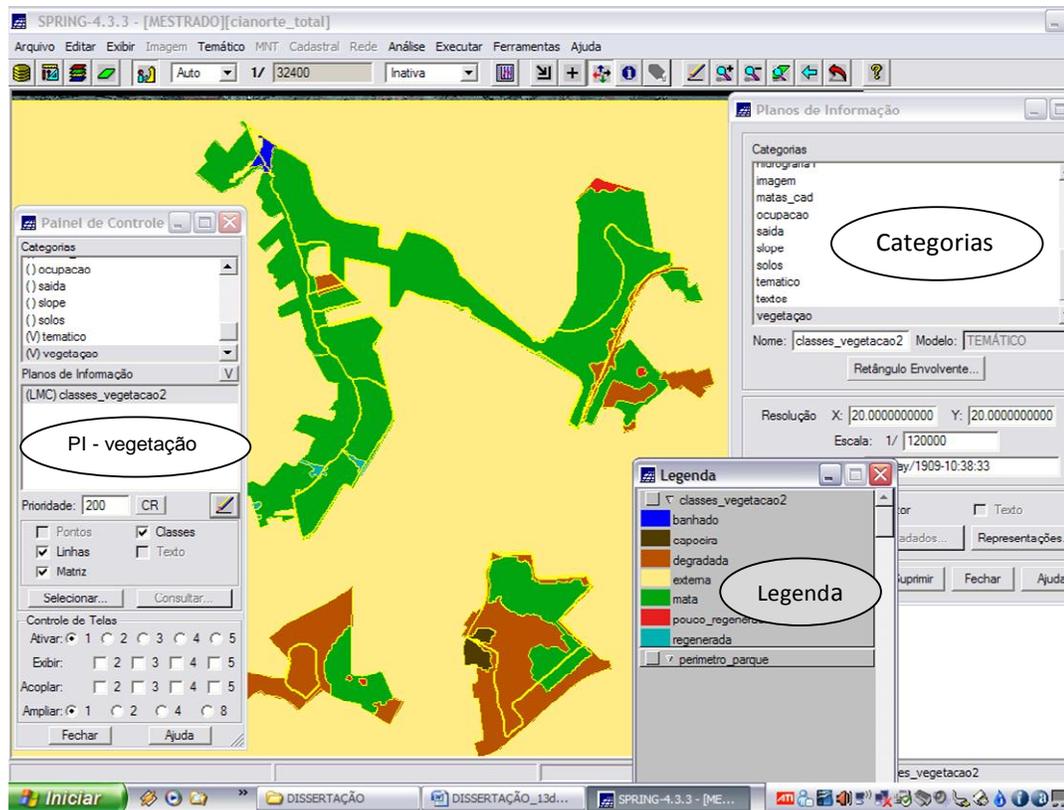


Figura 5 – Criação do banco de dados no Spring e geração da representação cartográfica.

#### 5.3.5.1.1 Declividade

Geomorfologicamente, segundo Nanni et al. (2009), a cidade de Cianorte, encontra-se em posição interfluvial entre os córregos Coruja e Curuá, afluentes do rio Catingueiro ao Sul e os córregos Taboão (Uruçora), afluente do rio São Tomé e, finalmente, Cristalino sendo, este último, afluente do rio Ligeiro, ao Norte.

Para estabelecimento das condições de relevo local, cartas planialtimétricas com curvas de nível equidistantes em 1 m foram digitalizadas no sistema Spring, por meio de mesa digitalizadora. Isto possibilitou a construção de modelos numéricos de terreno (MNT's) que, puderam representar a hipsometria, e o estabelecimento de classes de declividade.

Sobreposto a um plano de textura, representado por uma imagem sintética obtida pela conjunção das bandas 3(R), 2(G) e 1(B) do Quickbird, o uso da interpolação das isolinhas possibilitou, por exemplo, a visualização em terceira dimensão onde se encontra a área (Figura 6).

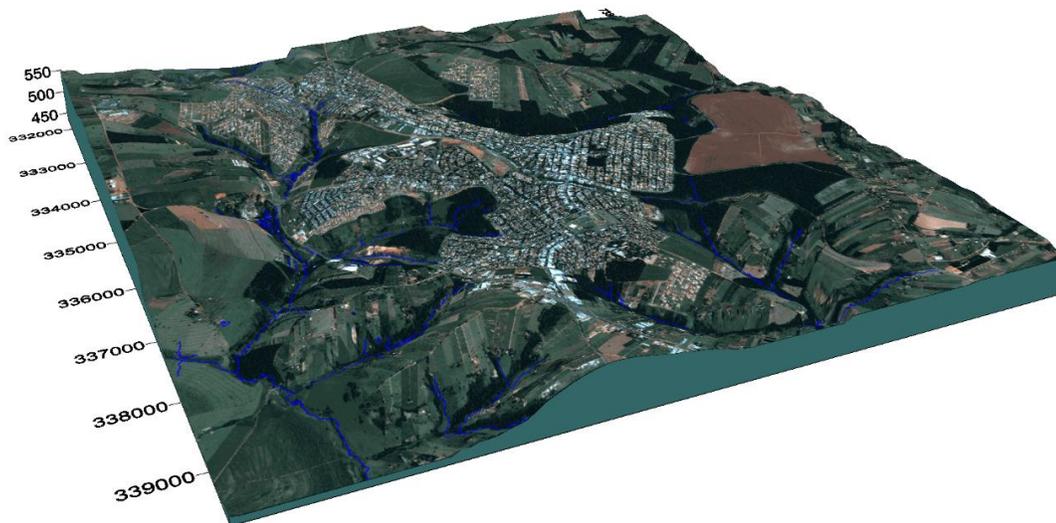


Figura 6 – Área urbana e periurbana do município de Cianorte em visão 3D. Adaptado de Nanni et al. (2009).

Observa-se, pela Figura 6, que o relevo local e regional apresenta-se praticamente plano, apresentando maiores declividades próximos aos canais de drenagem (NANNI et al., 2009).

Após a geração dos MNT's foi gerado, pelo Spring, um mapa de declividades que posteriormente foi seccionado em classes de acordo com Embrapa (2009). As classes utilizadas foram: plano (0-3%); suave ondulado (3-8%); ondulado (8-20%); forte ondulado (20-45%) e montanhoso (45-75%). No entanto, como o sistema Spring não trabalha com intervalos dentro da classe para a análise hierárquica foram utilizados os valores médios de cada intervalo de declividade, ou seja: plano: 1,5; suave ondulado: 5; ondulado:14; forte ondulado: 32; montanhoso: 60. Uma vez definidas as classes elas formaram o mapa clinográfico para posterior cruzamento com os demais dados analisados.

#### 5.3.5.1.2 Pedologia

Os estudos realizados sobre a cobertura pedológica da área do Parque Cinturão Verde de Cianorte (PCVC), bem como suas adjacências foram realizados por Nanni et al. (2009). Neste estudo, os autores demonstraram a existência de três grandes grupos de solos, que foram classificados de acordo

com as normas vigentes estabelecidas pelo sistema brasileiro de classificação de solos (EMBRAPA, 2005).

As unidades de solos identificadas na área de estudos encontram-se na Tabela 1. Observa-se que, dentre as classes encontradas, a de maior destaque é aquela representada pelo Latossolo Vermelho com 514,32 ha, seguido pelo Argissolo Vermelho Alumínico textura areno/média com cerca de 218,71 ha.

Tabela 1 – Área de cada unidade de solo mapeada na área de existência do Parque Cinturão Verde de Cianorte e suas adjacências.

Unidade de Mapeamento	Área (ha)
Latossolos Vermelhos Distróficos típicos textura média	108,88
Latossolos Vermelhos Alumínicos típicos textura média e areno/média	383,64
Latossolos Vermelhos Alumínicos típicos/Neossolos Quartzarêncios textura areno/média	8,20
Latossolos Vermelho Eutrófico típicos textura média	13,60
Argissolos Vermelhos Alumínicos argissólicos textura areno/média	218,71
Neossolos Quartzarênico Órticos típicos	25,91
Neossolos Flúvicos Tb Distróficos gleissólicos	2,73

Fonte: Nanni et al. (2009).

A partir dos limites das unidades de solos estabelecidas por Nanni et al. (2009), foram estabelecidos os critérios de potencial de degradação e risco a erosão. Para tanto foi utilizado o critério de erodibilidade estabelecido por Wishmaier e Smith (1978). Este termo estabelece a resistência em que uma classe de solo apresenta em relação à erosão pluvial dentro de iguais condições de manejo, declividade e comprimento da pendente (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990).

Para as classes estabelecidas na área de estudo foram definidos os seguintes valores de erodibilidade (K), de acordo com Mannigel et. al. (2002) e Paranhos Filho et al. (2003) e demonstrado a seguir:

- Latossolos textura média – 0,016
- Argissolos textura areno/média – 0,032
- Neossolos Quartzarêncios – 0,045
- Neossolos Flúvicos – 0,064

Cada classe foi, juntamente com os valores de declividade, utilizada no processo de análise de suporte a decisão.

#### *5.3.5.1.3 Vegetação*

Para o estabelecimento de classes de vegetação seguiu-se a análise fotointerpretativa da cena orbital Quickbird com resolução espacial de 0,65 m obtida para implantação do plano de manejo, juntamente com os dados descritos por Martins et al. (2009).

Segundo Martins et al. (2009), todas as áreas que fazem parte do PCVC, apresentam ecossistemas florestais alterados, em diferentes graus de antropismo. Essa alteração, de acordo com os autores, ocorreu por meio da conversão total das áreas em agricultura e/ou pecuária, ou simplesmente a exploração madeireira, com cortes seletivos ou rasos, e posterior abandono, originando assim mosaicos de formações secundárias em diversos estádios de regeneração.

Segundo o estudo fitossociológico apresentado pelos autores, o PCVC apresenta as seguintes representações:

- vegetação secundária em estágio inicial de desenvolvimento;
- vegetação secundária em estágio intermediário de desenvolvimento;
- vegetação secundária em estágio avançado de desenvolvimento.

Os autores informam ainda a presença, em várias porções do parque, de espécies exóticas invasoras sendo representadas tanto por gramíneas como por espécies arbóreas.

#### *5.3.5.1.3 Uso e ocupação da terra*

Para estabelecimento do uso e ocupação das terras foi utilizado o processo de classificação supervisionada da imagem orbital. O procedimento utilizado para execução foi o de coleta de amostras de pontos

representativos na imagem cujas condições eram conhecidas no campo por meio de checagem. O algoritmo de classificação supervisionada utilizado foi o MAXVER (máxima verossimilhança).

Desta forma foi possível identificar as seguintes classes de ocupação: floresta; solo nu ou lavoura anual; lavoura perene; cidade, sendo esta última dividida em áreas ocupadas e áreas abandonadas.

Uma vez definidas todas as classes de ocupação, foi estabelecido o processo de avaliação por meio do AHP.

#### 5.4 APLICAÇÃO DE QUESTIONÁRIO PARA OS ESPECIALISTAS

Foi elaborado um questionário com 30 quesitos relacionados à Unidade de Conservação (UC), com notas de 1 a 10, e aplicado a dez profissionais de diferentes áreas com amplo conhecimento sobre o assunto, as mesmas foram selecionadas aleatoriamente (Tabela 2). A aplicação do questionário teve como objetivo, coletar dados que até então não são encontrados na literatura e que, para o trabalho aqui proposto, são necessários dados quantitativos. O questionário foi aplicado de forma espontânea e sem indução às respostas (Tabela 3).

Tabela 2 – Profissionais que participaram da pesquisa.

	<b>Formação</b>	<b>Ocupação/área de atuação</b>
01	Engenheiro Florestal	Engenheiro florestal - IAP
01	Técnico Ambiental	Fiscal ambiental - IAP
01	Biólogo	Professor da Universidade Paranaense
01	Geografia	Professora da rede estadual e particular
01	Pedagogo	Professor
01	Bióloga	Consultoria ambiental
01	Engenheiro Agrônomo	Funcionário público da prefeitura
01	Bióloga	Professora da rede pública de ensino
01	Biólogo	Consultoria ambiental
01	Bióloga	Consultoria ambiental

Tabela 3 – Questionário aplicado aos especialistas.

	QUESITOS	ESPECIALISTAS										MÉDIA
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Grau de conservação da vegetação	6	8	8	7	8	10	8	10	10	8	<b>8,3</b>
2	Representatividade do bioma	8	10	8	9	8	10	8	10	10	10	<b>9,1</b>
3	Riqueza e/ou diversidade de espécies da fauna	6	9	7	9	8	10	5	9	7	10	<b>8,0</b>
4	Riqueza e/ou diversidade de espécies da flora	8	9	7	9	8	10	6	9	7	10	<b>8,3</b>
5	Nascentes protegidas na UC	8	9	7	6	9	10	6	9	10	7	<b>8,1</b>
6	Presença de animais ameaçados de extinção	5	10	7	10	5	10	4	4	10	9	<b>7,4</b>
7	Presença de plantas ameaçadas de extinção	7	8	7	10	7	10	9	6	10	9	<b>8,3</b>
8	Atropelamento de animais silvestres	10	3	9	10	9	10	9	9	5	3	<b>7,7</b>
9	Presença de espécies de animais exóticos	7	8	5	1	7	10	6	10	10	3	<b>6,7</b>
10	Presença de plantas exóticas e invasoras	9	8	5	10	9	10	6	10	10	6	<b>8,3</b>
11	Caça	5	6	5	6	3	10	10	1	3	3	<b>5,2</b>
12	Superpopulação de espécies da fauna nativa	8	8	6	6	8	10	10	4	3	5	<b>6,8</b>
13	Coleta de espécies florestais	6	2	6	6	6	9	10	5	6	6	<b>6,2</b>
14	Área estratégica para corredor ecológico	7	9	8	10	9	10	10	7	10	8	<b>8,8</b>
15	Potencial de visitação	9	8	7	8	8	9	10	3	5	6	<b>7,3</b>
16	Lixo abandonado nas trilhas e no interior da mata	7	3	7	10	10	10	10	8	9	6	<b>8,0</b>
17	Lixo nos canais de drenagem	10	3	7	10	10	10	10	8	9	6	<b>8,3</b>
18	Disposição inadequada de entulhos	9	3	8	10	10	10	10	9	9	6	<b>8,4</b>
19	Erosão	10	6	8	10	8	10	7	7	8	8	<b>8,2</b>
20	Compactação do solo	7	6	8	3	6	10	7	5	7	4	<b>6,3</b>
21	Assoreamento	9	8	7	5	6	10	6	7	8	6	<b>7,2</b>
22	Danos mecânicos no leito dos rios	9	8	8	10	5	10	7	6	9	6	<b>7,8</b>
23	Cursos d'água com barragens	7	8	7	1	6	10	7	3	9	6	<b>6,4</b>
25	Evidência de cursos d'água contaminados	10	8	8	10	7	10	10	5	9	7	<b>8,4</b>
26	Queimadas	9	10	8	10	7	10	10	7	7	9	<b>8,7</b>
27	Áreas degradadas	9	10	8	10	7	10	8	6	3	9	<b>8,0</b>
28	Poluição sonora	4	10	7	6	6	9	2	8	1	3	<b>5,6</b>
29	Ocupação residencial	4	10	7	1	9	10	2	7	4	8	<b>6,2</b>
30	Ocupação com agricultura	4	10	7	1	9	10	10	5	2	8	<b>7,6</b>

#### 5.4.1 Manipulação dos dados

Com o resultado do questionário, foi obtida a média aritmética simples para cada quesito (Tabela 4).

Tabela 4 – Agregação dos quesitos.

	<b>Variáveis</b>	<b>Média</b>
1	Declividade	8,2
2	Ocupação	6,9
3	Solos	6,3
4	Vegetação	8,5

Em seguida foi realizada a agregação dos quesitos obtendo quatro variáveis: declividade, ocupação, solos e vegetação (Tabela 3). Os quesitos foram agregados de acordo com suas características similares, por exemplo, todos os itens relacionados à vegetação, como representatividade, riqueza, grau de conservação, ameaças de extinção, espécies exóticas e corredor ecológico foram agrupados na variável “vegetação”, e assim por diante. Os quesitos têm alta interdependência entre si, porém são divididos em fatores bióticos e abióticos, e a relação entre eles são determinantes para o estabelecimento do zoneamento.

Para se estabelecer o zoneamento foi necessário levar em consideração: os fatores bióticos, abióticos e o processo decisório, no caso em estudo, dos especialistas. Fatores como clima, fauna, geologia não são determinantes para o estabelecimento do zoneamento da área estudada, pois estas são variáveis inalteráveis; para a fauna não existe estudo para o monitoramento dos grupos de animais, e os mesmos se deslocam por toda a área. Porém, no caso de ocupação, por exemplo, o zoneamento possibilita estabelecer restrições de uso das áreas de entorno.

Na etapa seguinte, os valores da Tabela 3 foram incorporados no programa Spring e as variáveis foram cruzadas entre si, por meio do sistema AHP (Suporte à decisão), na qual a variável vegetação foi cruzada com as variáveis ocupação, solos, declividade, e assim por diante até que todas as classes se interrelacionassem (Figura 7).

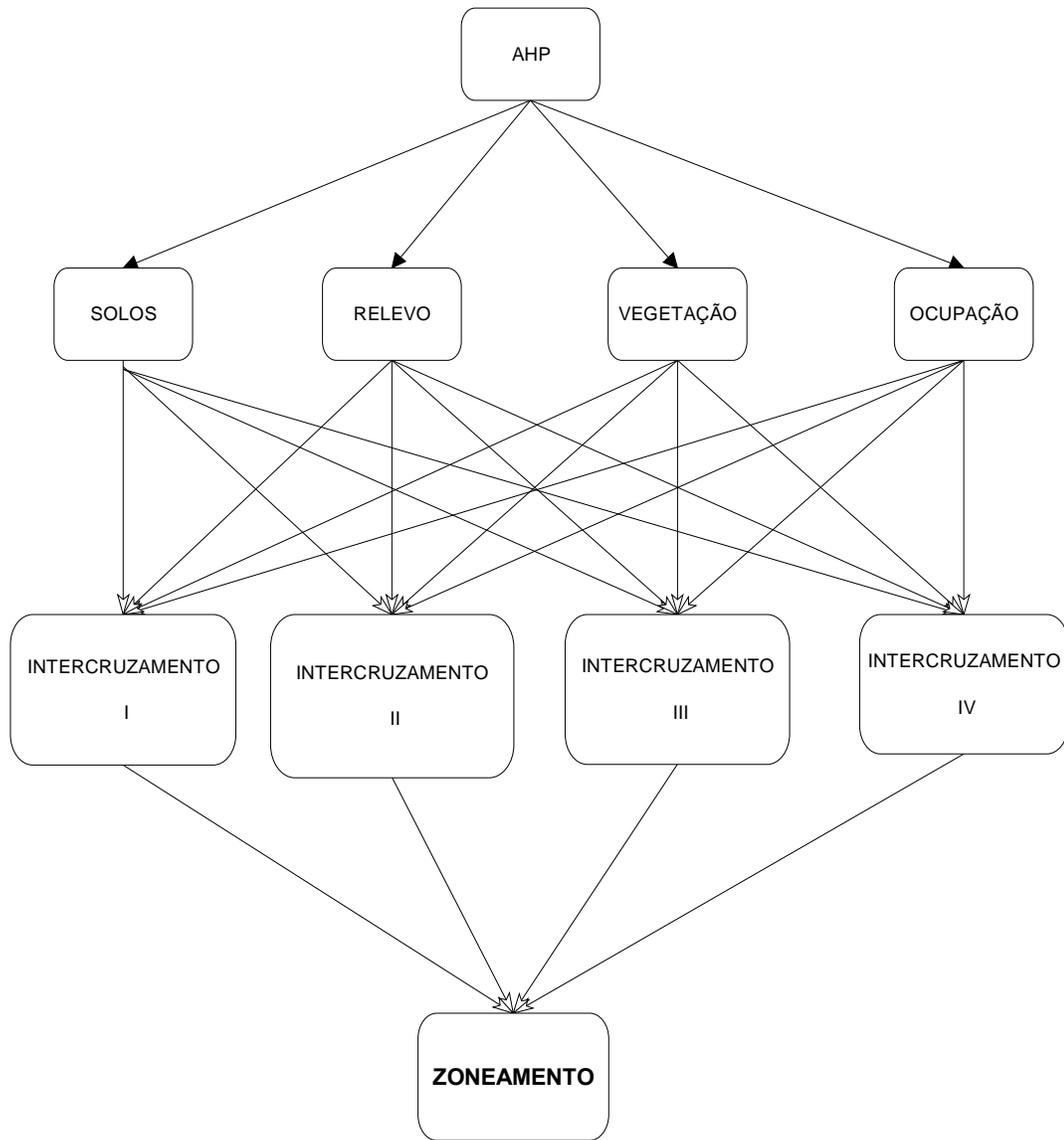


Figura 7 – Representação do cruzamento dos dados inseridos no Sistema de Informação Geográficas para geração do zoneamento por meio da AHP.

A AHP atribui um peso para cada critério cruzado, dependendo do grau de importância tais como: igual, um pouco melhor, algo melhor, moderadamente melhor, melhor, bem melhor, muito melhor, criticamente melhor e absolutamente melhor, sendo valorado de 1 a 9, respectivamente. Uma vez definidos os cruzamentos, o sistema estabelece a razão de consistência. Conforme estabelecido por Carvalho e Mingoti (2005), considera-

se que há consistência entre as matrizes quando o valor da razão for menor que 0,10. Caso contrário recomenda-se uma revisão da matriz de comparação.

Após o cruzamento, as variáveis foram editadas no editor de modelos do Legal - Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico, que gerou uma equação de média ponderada em relação às variáveis utilizadas como se segue:

$$R = P1*(var1) + P2*(var2,) + P3*(var3) + Pn*( varn)$$

em que:

R = valor final que se procura pela ponderação média entre as variáveis;

P1...Pn = peso de cada variável estabelecida na análise hierárquica;

Var1...varn = variáveis utilizadas no modelo. No presente estudo, os valores obtidos na agregação dos quesitos do Quadro 2 foram inseridos no AHP, onde se realizou o cruzamento.

#### **5.4.2 Geração do mapa por meio do processo AHP e estabelecimento das zonas de manejo**

Uma vez definida a equação, foi solicitado ao sistema Spring que gerasse o mapa resultante da equação originada pelo sistema AHP. O mapa gerado consiste de uma matriz de dados contendo linhas e colunas em que, cada célula ou pixel (*picture element*), apresentasse um valor correspondente ao resultado da equação gerada pelo AHP. Este valor reflete a interação e interpolação das variáveis não havendo, desta forma, interferência do analista no processo de produção do mesmo.

Uma vez gerada a matriz, a mesma pode ser fracionada em intervalos definidos pelo usuário por meio do algoritmo “fatiar” do sistema Spring (INPE, 2009).

Para cada intervalo fracionado foi estabelecida uma classe temática referente a uma das classes de zoneamento utilizadas no plano de manejo do PCVC. Para os maiores valores da matriz de dados, ou seja, próximos a zero, relacionaram-se as classes mais restritivas do sistema e vice-versa.

### 5.4.3 Estabelecimento da similaridade dos mapas obtidos pelo método convencional e o SIG

Para avaliação da similaridade entre os mapas gerados pelos dois métodos, foi utilizado o coeficiente Kappa. Este coeficiente, conforme relatado por Congalton et al. (1983), possibilita indicar a similaridade existente entre os dois mapas de zoneamento pelo teste de independência, com nível de confiança de 95%, em que a primeira hipótese (hipótese nula  $H_0$ ) é  $K = 0$ , o que significa que não há concordância, e a segunda hipótese (hipótese alternativa  $H_1$ ) é  $K > 0$ , que indica concordância. O valor de Kappa foi calculado pelo cruzamento automático das matrizes de erros das duas cartas de zoneamento pelo algoritmo "Cálculo de Kappa" desenvolvido por Medeiros e implementado por Ponzoni e Almeida (1996), segundo os conceitos preconizados por Congalton et al. (1983).

O valor do coeficiente de Kappa (K) varia entre 0 e 1, em que o valor 1 representa completa concordância entre a imagem classificada com o dado de referência. O valor K pode ser comparado como os valores e conceitos contidos na Tabela 5, desenvolvidos por Landis e Koch (1977) e, dessa forma, avaliar o mapa temático obtido da classificação da imagem.

Tabela 5 – Conceitos do coeficiente de concordância Kappa.

Valor de K	Qualidade da Classificação
< 0,0	Péssima
0,0-0,2	Ruim
0,2-0,4	Razoável
0,4-0,6	Boa
0,6-0,8	Muito boa
0,8-1,0	Excelente

Fonte: Adaptada de Landis e Koch (1977).

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As cotas onde se encontra a área urbana variam de 435 a 552 m. A Tabela 6 apresenta a estatística básica para os valores planialtimétricos trabalhados na área. Observa-se, pela Tabela 5, que a amplitude entre a cota máxima e mínima foi de 116,45 m. O ponto mais elevado na carta situa-se nas proximidades do hospital municipal cotado em 544 m e o ponto mais baixo encontra-se apenas a duas isolinhas equidistantes em 20 m, ou seja, 64 m de amplitude.

Tabela 6 – Parâmetros estatísticos básicos da planialtimetria da área urbana do município de Cianorte - PR.

Parâmetro	X	Y	Z
Mínimo	331.694,6	7.378.276,2	435,08
25%-tile:	333.694,6	7.380.276,2	489,90
Média	335.694,6	7.382.276,2	511,01
75%-tile:	337.694,6	7.384.276,2	525,05
Máximo	339.684,6	7.386.266,2	551,53

Fonte: Nanni et al. (2009).

Da área trabalhada, observa-se, pela Figura 8, que grande parte compreende entre as cotas 480 e 520 m (2.000 ha) seguido, em valores muito próximos à área entre as cotas 520 e 552 m (1.970 ha), ficando as cotas entre 435 e 480 m ocupando uma área de 393 ha, num total de 4.363 ha para toda a extensão urbana.

Tal condição estabelece, para a área de estudo, um ou dois compartimentos geomorgológicos, como demonstrado na Figura 8. Os compartimentos geomorfológicos donde se encontra o PCVC são basicamente topos aplainados, vertentes convexas entre 4 e 8% de declividade e fundos de vale abertos. Podem ser encontradas ainda, compondo a paisagem, porções de vertentes convexas com declividades superiores a 8%. Nessas áreas, o potencial erosivo é elevado, associado às condições de impermeabilização do terreno.

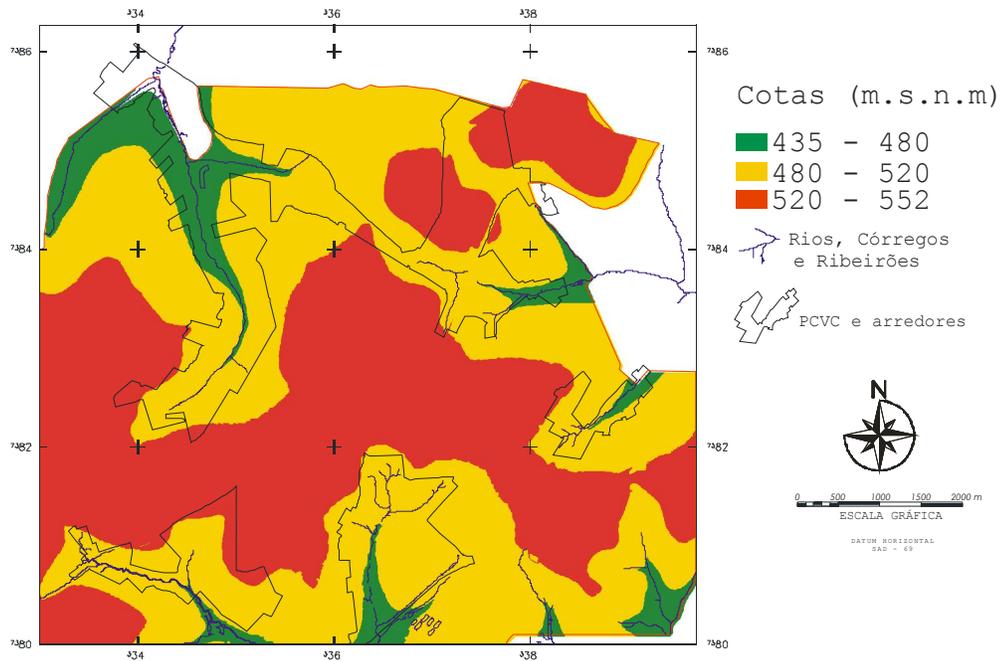


Figura 8 – Representação da carta hipsométrica da área urbana e periurbana de Cianorte.

Para maior ideia das condições de declividade, a Figura 9 apresenta o mapa clinográfico da área urbana e periurbana sendo os valores para cada classe de declividade demonstrada na Tabela 5.

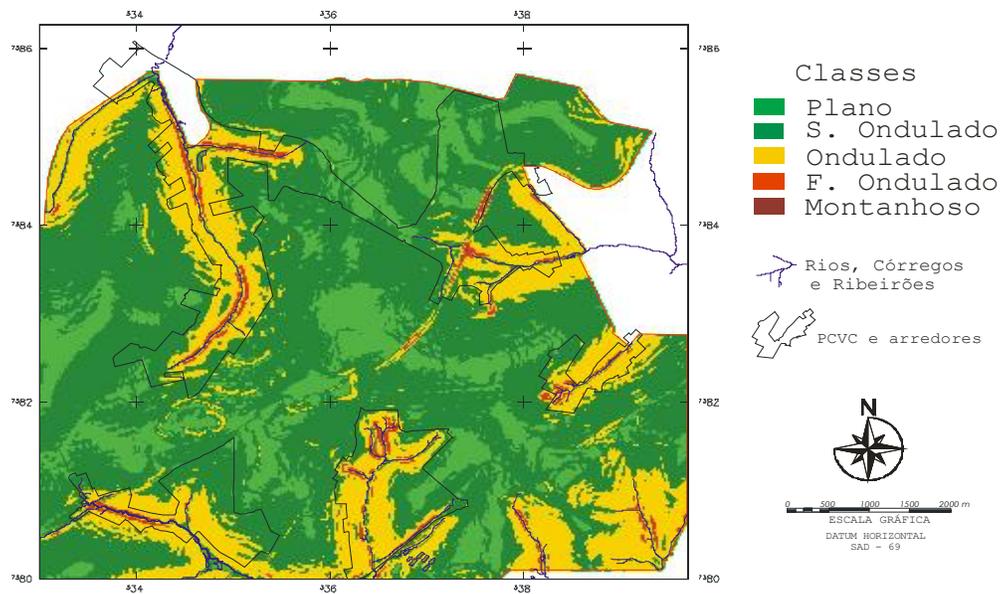


Figura 9 – Representação da carta hipsométrica do município de Cianorte.

Observa-se, na Tabela 6, que para os módulos Fantasmilha e Corujinha, a classe suave ondulado (3-8%) foram as mais presentes, enquanto que para os módulos Mandhuy e Cristalino a classe de declividade que se destacou foi a ondulado (8-20%).

Considerando-se todos os módulos, duas classes foram equivalentes: suave ondulado com 335,76 ha e ondulado com 343,08 ha. Na área urbana e periurbana, a classe com maior destaque foi a suave ondulado com cerca de 2.570 ha, seguida da classe ondulado com 963 ha, plano com 783 ha e forte ondulado com cerca de 66 ha. A classe montanhoso (45-75%) apresenta-se apenas com 5,2 ha para toda a área trabalhada.

Tabela 7 – Classes de declividade e área ocupada nos módulos do PCVC e da área urbana e periurbana.

Módulos	Classe de Declividade <sup>1</sup>				
	Plano (0-3)	Suave Ondulado (3-8)	Ondulado (8-20)	Forte Ondulado (20-45)	Montanhoso (45-75)
Fantasmilha	89,08 <sup>2</sup> (17,19) <sup>3</sup>	219,68 (42,39)	180,48 (34,83)	25,92 (5,00)	3,08 (0,59)
Mandhuí	9,52 (6,17)	50,04 (32,42)	83,76 (54,26)	10,88 (7,05)	0,16 (0,10)
Cristalino	1,12 (2,81)	8,48 (21,31)	26,56 (66,73)	3,64 (9,15)	-
Corujinha	2,52 (2,14)	57,56 (48,98)	52,28 (44,49)	5,16 (4,39)	-
Total dos Módulos	102,24 (12,32)	335,76 (40,46)	343,08 (41,34)	45,6 (5,49)	3,24 (0,39)
Área Total <sup>4</sup>	783,32	2573,04	963,12	65,92	5,20

<sup>1</sup> %; <sup>2</sup> área em ha; <sup>3</sup> porcentagem dentro da classe em relação ao total de cada módulo; <sup>4</sup> área urbana e periurbana.

Fonte: Nanni et al. (2009).

## 6.1 CRUZAMENTO DOS DADOS

De acordo com o procedimento metodológico adotado, cada variável do conjunto analisado foi cruzada uma a uma com as outras variáveis, no sistema Spring. Após o cruzamento, as variáveis foram editadas no editor de modelos do Legal - Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico, que gerou a equação de média ponderada:  $R = 0,342*(var1) + 0,119*(var2,) +$

0,081 (var3) + 0,459\*( var4) e CR (razão de consistência) = 0,035 e os pesos para cada categoria: declividade: 0,342; ocupação: 0,119; solos: 0,081 e vegetação: 0,459, respectivamente. O valor de R representa como resultado o zoneamento do parque gerado pelo Spring.

O valor da razão de consistência encontrado para o modelo gerado foi igual a 0,035. Segundo Carvalho e Mingoti (2005), considera-se que houve consistência entre as matrizes haja vista este valor ser bem inferior que 0,10. Neste sentido, observa-se que a relação entre as variáveis (pesos) utilizadas foram bem definidas para os propósitos estabelecidos. As interrelações entre as variáveis foram adequadas e os pesos estabelecidos pelo método hierárquico condizentes com a situação (Carvalho e Mingoti, 2005).

## 6.2 RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO APLICADO AOS ESPECIALISTAS

Por meio da análise da Tabela 2, pode-se perceber que os especialistas foram quase unânimes em relação aos quesitos referentes à variável “vegetação”, ou seja, para os especialistas, o grau de conservação da vegetação, a representatividade do bioma, a riqueza da flora e as plantas ameaçadas de extinção são altamente importantes para se estabelecer o zoneamento. Em segundo lugar, foram os quesitos referente à variável “declividade”, que inclui a potencialidade de processos erosivos no sistema. O terceiro foi a variável “ocupação” que inclui a ocupação residencial e ocupação com agricultura; e o quarto foi a variável “solos”, referente à sustentabilidade do sistema florestal e a resistência aos processos erosivos.

## 6.3 GERAÇÃO DO MAPA PELO SISTEMA SPRING

Com a incorporação dos dados, o programa Spring gerou, inicialmente, uma matriz cujos valores variaram de 0 a 24,6. Estes valores foram resultados da equação aplicada no sistema Legal e gerada a partir da análise AHP.

A imagem gerada pela programação Legal é apresentada na Figura 10. Para cada intervalo de valores foi estabelecido o fatiamento e, a cada fatia ou

fração, estabeleceu-se uma classe referente aos grupos de manejo para o zoneamento do parque.

As classes mais restritivas foram associadas aos valores da matriz gerada pelo AHP mais próximos ao valor zero. Tal condição reflete que as variáveis com maior peso para restrição tiveram maior atuação na definição dos valores finais da equação gerada (Figura 10).

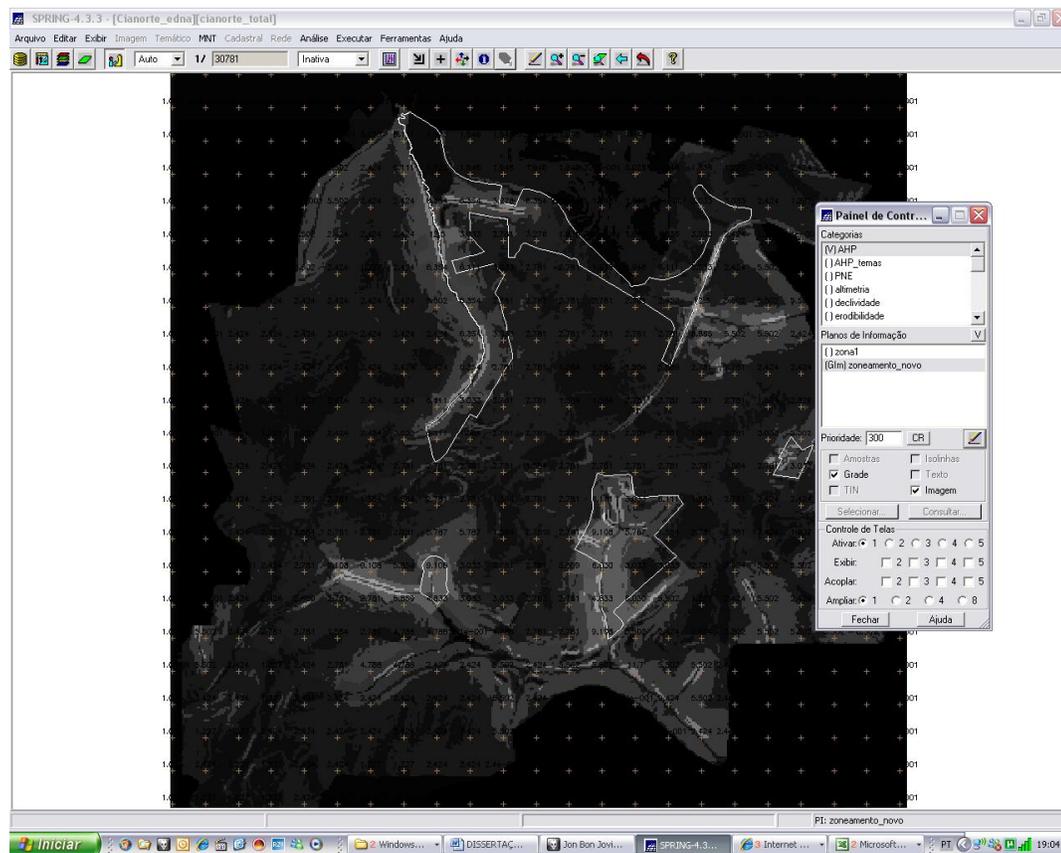


Figura 10 – Produto da execução da programação em Legal a partir da equação gerada pelo método AHP. Os tons claros referem-se às porções mais restritas e os mais escuros as porções menos restritas.

Uma vez estabelecidas as classes para cada intervalo foram criadas, pelo sistema Spring, cinco zonas de manejo: zona de alta fragilidade, média fragilidade, zona de recuperação, zona de uso externo e zona sujeita a visitação (Figura 11). Estas classes foram utilizadas para comparação com

aqueles obtidos no mapa de zoneamento apresentado no plano de manejo do PCVC.

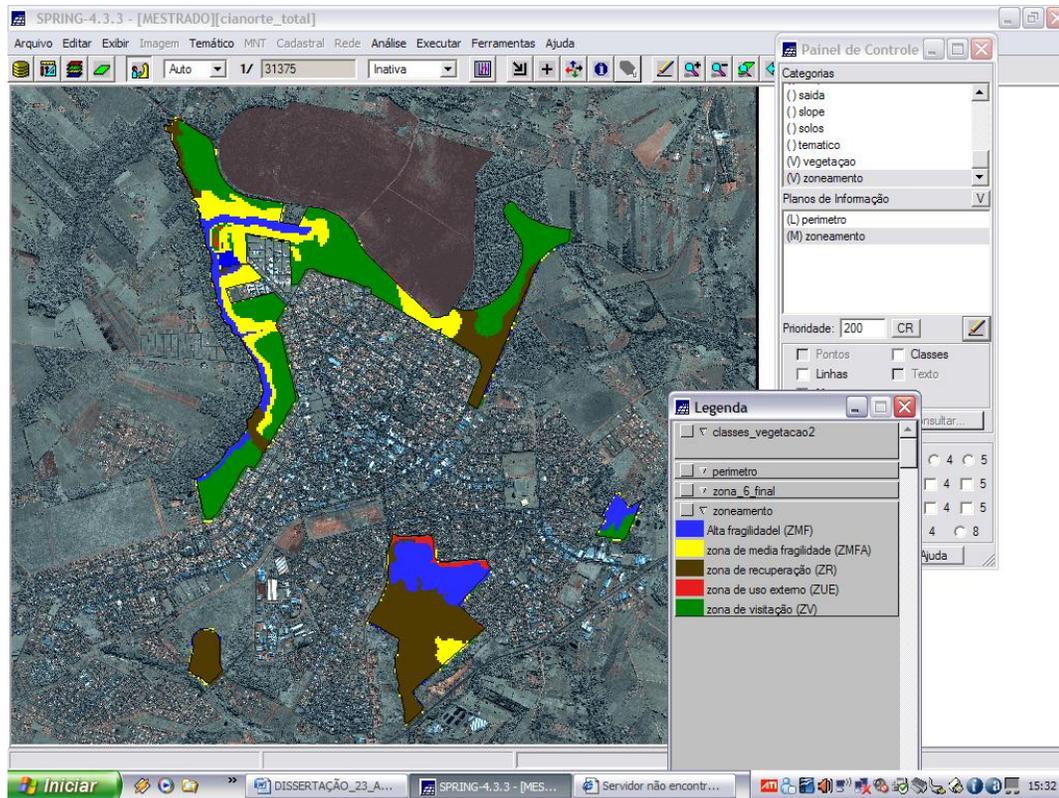


Figura 11 – Modelo do zoneamento gerado pelo Spring.

#### 6.4 COMPARAÇÃO ENTRE O ZONEAMENTO REALIZADO PELOS PESQUISADORES E O SISTEMA SPRING

Pela simples análise visual da Figura 12, é possível verificar grande semelhança entre as áreas estabelecidas para zoneamento pelos pesquisadores e pelo sistema Spring.

Mesmo visualmente semelhantes os modelos apresentam certas diferenças, principalmente nas áreas referentes a zonas de recuperação e média fragilidade ambiental (ZMFA). Além da diferença em relação aos valores totais, foi observadas também, alterações para cada módulo estudado como pode ser observado na Tabela 8.

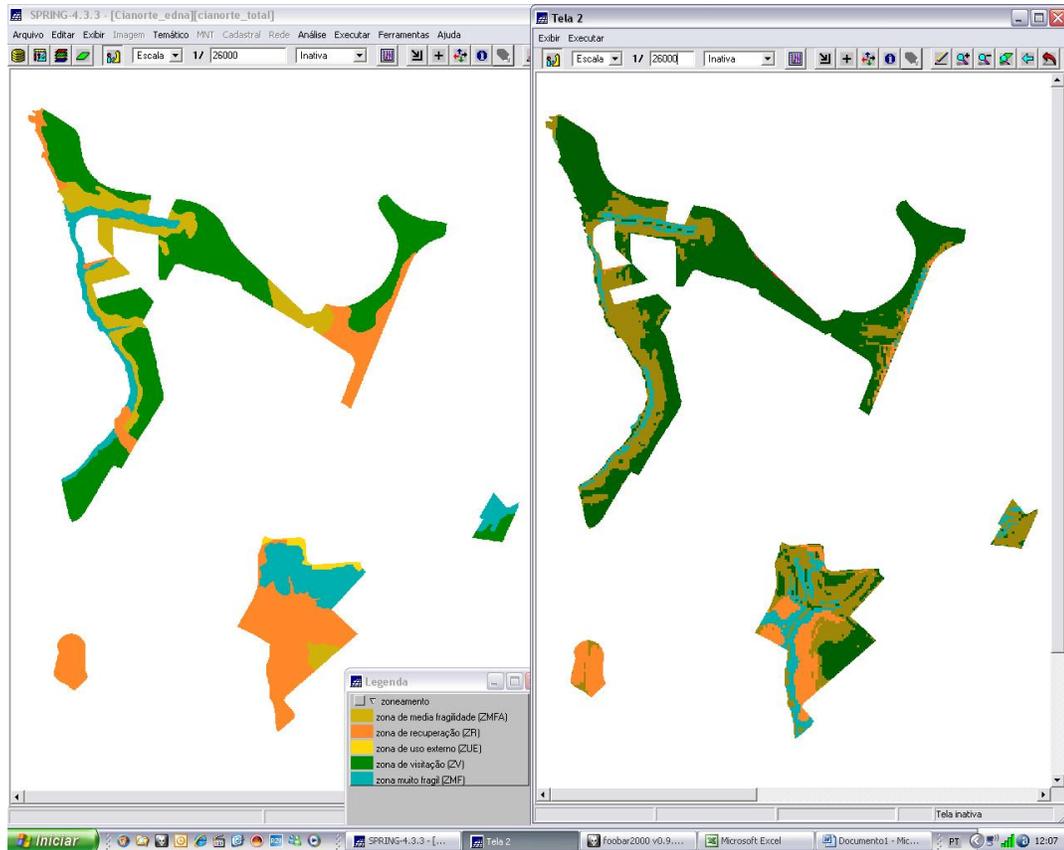


Figura 12 – Representação dos mapas de zonas de manejo do PCVC. A esquerda produzido pelos pesquisadores e a direita pelo sistema Spring.

Tabela 8 – Áreas, em hectares, e porcentagem relativa dos zoneamentos estabelecidos pelos pesquisadores (A) e pelo sistema Spring (B).

ZUE		ZV		ZR		ZMFA		ZMF	
A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
4,46 <sup>1</sup>	0,46	142,75	136,36	106,81	60,92	57,94	135,75	58,57	37,04
1,20 <sup>2</sup>	0,12	38,52	36,80	28,82	16,44	15,63	36,63	15,80	10,00

<sup>1</sup> Área em ha; <sup>2</sup> Porcentagem relativa.

Fonte: Nanni et al. (2009).

Para o caso do mapa elaborado pelos especialistas a área estabelecida para uso externo (ZUE) foi de 4,46 ha (1,2%). O modelo gerado pelo Spring considerou que apenas 0,46 ha (0,12%) da área do parque deverá ser destinado a este fim. Tal fato deve-se, principalmente, a constatação local, pelos especialistas, da atual utilização desta área que agrega pistas de

caminhada, a Secretaria Municipal do Meio Ambiente, o Centro de Educação Ambiental, parques e quadras infantis que se encontram no módulo Mandhuy.

No caso do sistema Spring, foi avaliado o cruzamento das variáveis e definiu apenas 0,46 ha. Tal valor é insignificante perante o parque como todo. Isto se deve às interações do modelo matemático que, de certa forma, desprezou o item ocupação. Neste caso, acredita-se que tal variável deva receber um peso maior para que o sistema identifique estas áreas.

Em relação à zona de visitação (ZV), os zoneamentos obtidos pelos dois métodos foram equivalente sendo de 38,53% para os especialistas e 36,80% para o sistema Spring. Essas áreas estendem-se, principalmente pelo módulo Fantasmilha. No entanto, algumas áreas do módulo Mandhuy e Cristalino foram também classificadas pelo Spring como áreas de visitação, o que não ocorreu com os especialistas.

Isto se deve ao fato de que o fator vegeta o, representado pela floresta em bom estado de vegeta o nestas duas áreas, teve peso no modelo matemático indicando-as para este uso.

Entende-se, portanto, que o modelo gerado por meio da análise hierárquica estabeleceu de forma apropriada os pesos para as variáveis que acabaram por refletir em situa o semelhante aquela definida de forma dinamizada pelos especialistas.

Nas áreas de m dia fragilidade (ZMFA), o Spring estabeleceu cerca de 135,75 ha (36,63%), contra 57,94 ha (15,63%) definida pelos pesquisadores. Tal fato se deve, principalmente, pelo elevado peso estabelecido para a declividade que, juntamente ao fator solos, acaba por limitar tais áreas pela potencialidade que elas apresentam ao processo erosivo. Como neste caso, a cobertura florestal reduz o risco de erosão, o sistema enquadra as áreas em ZMFA. Sem cobertura, as mesmas seriam possivelmente classificadas como zonas de recupera o ou zonas altamente frágeis. Estas áreas foram definidas em todos os módulos pelos dois processos.

Os especialistas, apesar de também utilizarem estes aspectos, reduziram essas áreas por considerar que grande parte delas encontra-se com vegeta o de baixo porte ou  ndice de importância reduzido (MARTINS et al., 2009). Desta forma, estas áreas passam a ser enquadradas como zonas de recupera o e não zonas de m dia fragilidade ambiental.

Em sentido contrário ao observado anteriormente, as áreas estabelecidas como zona de recuperação (ZR) foram mais expressivas quando estabelecidas pelos especialistas com cerca de 107 ha (28,82%) contra 61 ha (16,44%) definido pelo sistema Spring. Como mencionado, mesmo com cobertura vegetal que possa reduzir os riscos de erosão, os especialistas definiram a necessidade de recuperação uma vez que essas áreas são constantemente ameaçadas de incêndio uma vez que a vegetação local é representada por capoeirões e arbustos de baixo porte que, durante o inverno, secam e tornam-se propícias aos incêndios e propagação do fogo (NANNI et al., 2009).

As áreas definidas como zonas de elevada fragilidade ambiental (ZMF) foram definidas em todos os módulos, com exceção ao Corujinha, basicamente por três fatores: elevada declividade, associada a solos extremamente frágeis (Neossolos Quartzarênicos) e falta de vegetação.

As áreas, tanto para o mapeamento estabelecido pelos pesquisadores como para o sistema Spring, foram semelhantes, sendo alocadas as áreas de fundo de vale. No caso dos especialistas, a área total classificada como ZMF foi de 58,57 ha (15,8%), e para o sistema Spring foi de 37 ha (10%). Houve discordâncias principalmente no módulo Manduhy, onde os especialistas estabeleceram grande área atualmente em recuperação de antigas voçorocas que ali existiam (NANNI et al., 2009).

Para o sistema Spring, o mesmo definiu estas áreas como ZMFA, uma vez que já existe a cobertura vegetal e o relevo não se apresenta tão acentuado como aquelas próximas aos canais de drenagem.

No caso deste módulo, próximo dos canais de drenagem foi definido, pelos especialistas, como áreas de recuperação, uma vez que a vegetação encontrada refere-se basicamente a capoeiras (NANNI et al., 2009) com diversas espécies invasoras (MARTINS et al., 2009). Para o sistema Spring, a classificação como ZMF deve-se, principalmente, às condições de relevo que, pela grande declividade, permite a continuidade de processos erosivos.

## 6.5 AVALIAÇÃO DO MODELO OBTIDO PELO SISTEMA SPRING

Para a avaliação da performance do sistema Spring em estabelecer o zoneamento da área de estudo foi utilizada a matriz de erro, conforme demonstrado por Rosenfield e Fitzpatrick-Lins (1986) e Story e Congalton (1986).

O cálculo da estimativa do parâmetro k é feito segundo a seguinte expressão:

$$k = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} \cdot x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} \cdot x_{+i})}$$

em que:

r = número de linhas e de colunas das matrizes de erros;

X<sub>ii</sub> = número de classes na linha i e coluna i;

X<sub>i+</sub> = total marginal da linha i;

X<sub>+i</sub> = total marginal da coluna i;

N = número total de observações.

Caso tenham sido elaboradas mais do que uma matriz de erro, o programa compara-as duas a duas, determinando o valor dos desvios entre os seus respectivos valores de k, de forma que se a diferença entre estes valores for significativa, entende-se que há pouca concordância entre os mapas ou procedimentos adotados em sua elaboração.

O valor Kappa obtido no trabalho foi de 0,57. Como o valor Kappa foi maior que zero entende-se que houve concordância entre os dois modelos, com nível de confiança de 95%. De acordo com a avaliação sugerida por Landis e Kock (1977), o valor de Kappa entre 0,4 e 0,6 indica similaridade boa entre os produtos comparados.

Conforme observado na Tabela 9, a zona de uso externo avaliada pelos especialistas apresentou área de 4,46 ha, sendo corresponde aquelas constituídas por áreas naturais ou alteradas pelo homem onde há presença de construções dentro dos limites do parque com finalidade à recreação,

manutenção das atividades do parque, o Centro de Educação Ambiental e a Secretaria Municipal do Meio Ambiente.

Tabela 9 – Matriz de erro gerada a partir do cruzamento entre os mapas gerados pelos especialistas e pelo sistema Spring.

Especialistas (Pesquisadores)	Sistema Spring					
	(ZMF)	(ZV)	(ZR)	(ZMFA)	(ZUE)	
	<b>31,09</b> <sup>1</sup>	11,47	0	16,01		
(ZMF)	<b>(53,08)</b> <sup>2</sup>	(19,59)		(27,33)	0	100
	0,10	<b>111,84</b>	0	30,45	0,34	
(ZV)	(0,08)	<b>(78,35)</b>		(21,33)	(0,24)	100
	5,48	2,84	<b>60,91</b>	37,57		
(ZR)	(5,14)	(2,66)	<b>(57,03)</b>	(35,17)	0	100
	0,24	7,40		<b>50,17</b>	0,11	
(ZMFA)	(0,42)	(12,78)	0	<b>(86,60)</b>	(0,20)	100
	0,12	2,79		1,55		
(ZUE)	(2,74)	(62,56)	0	(34,70)	<b>0</b>	100

<sup>1</sup> Área em ha; <sup>2</sup> Percentual relativo.

Quando cruzada com as áreas do programa Spring, estas áreas não apresentaram intercessão com as zonas de uso intensivo estabelecida pelos especialistas (Tabela 8). As intercessões observadas foram cruzadas com as zonas de visitação e de média fragilidade ambiental.

Tal fato deve estar associado às condições do solo, pois pela análise do programa essa porção está classificada como solos LVa (Latosolo Vermelho álico), considerado de baixa fertilidade (NANNI et al., 2009).

A vegetação teve peso significativo, pois nessa porção a vegetação foi considerada degradada, onde foi relatada a presença de espécies exóticas e invasoras (Leucena) e árvores frutíferas (MARTINS et al., 2009). A isso se incorpora o relevo que, classificado como ondulado, influenciou para a não-ocorrência da intercessão. O programa Spring associou esses fatores e classificou essa área como sendo de média fragilidade e de alta fragilidade, o que os especialistas consideram como de uso externo, pois essa porção já é utilizada e tem infraestruturas acima citadas. Portanto para o programa essas áreas são consideradas frágeis, e devem ser restritivas e recuperadas.

A zona de visitação avaliada pelos especialistas compõe 142,75 ha (Tabela 7). São constituídas por áreas naturais ou alteradas, onde o ambiente

apresenta condições de estabilidade para possibilitar o acesso intensivo. A vegetação é bem desenvolvida, sobre os solos com elevado suporte às condições químicas e de erosão.

Essas porções, quando cruzadas com as áreas do Spring, apresentaram 111,84 ha, ou seja, houve 78,35% de acerto do programa Spring em relação aos especialistas (Tabela 8). Mas no cruzamento houve intercessão principalmente com a ZMFA, onde o Spring estabeleceu que cerca de 20% das áreas destinadas à visita poderiam ser enquadrada nesta segunda classe.

Essas áreas encontram-se principalmente no módulo Mandhuy, em que o sistema Spring considerou nas áreas com relevo plano e suave ondulado, associadas à cobertura florestal, condições suficientes para estabelecimento de zonas de visita.

A zona de média fragilidade avaliada pelos especialistas compõe 57,94 ha, em que estão inseridos todos os remanescentes de melhor representatividade do ambiente natural do Parque Cinturão Verde. Essas áreas, quando cruzadas com as áreas do programa Spring, apresentaram 50,17 ha, ou seja, 86,60% de acerto em relação aos especialistas. Mas no cruzamento, houve intercessão principalmente com a ZR, em que o Spring estabeleceu que 35,17% das áreas de média fragilidade poderiam ser incluídas nessa classe.

A zona de alta fragilidade, avaliada pelos especialistas, corresponde a 58,57 ha, Nas áreas categorizadas como zonas de alta fragilidade estão inseridos todos os remanescentes de melhor representatividade do ambiente natural do Parque Cinturão Verde, tendo como objetivo principal a proteção integral dos ecossistemas naturais endêmicos, recursos genéticos e espécies ameaçadas, preservação e monitoramento ambiental.

Essas porções, quando cruzadas com as áreas do Spring, apresentaram 31,09 ha, ou seja, houve 53,08% de acerto em relação aos especialistas. Mas no cruzamento, houve intercessão com a ZV, em que o Spring estabeleceu 19,59% e deveria ser destinada à visita; e 27,33% na zona de média fragilidade.

## 7 CONCLUSÕES

Após a avaliação dos dados e de acordo com os objetivos iniciais do trabalho concluiu-se que:

- a) foi possível estabelecer um zoneamento ecológico para o PCVC por meio de um sistema de informações geográficas;
- b) houve consistência entre as matrizes de erros observada pelo fator de consistência igual a 0,035;
- c) o índice de coeficiência Kappa, obtido foi de 0,57, ou seja, houve 57% de concordância entre os dois modelos, sendo caracterizado como “bom”;
- d) o sistema Spring apresentou acerto de até 86% para as áreas classificadas como zona de média fragilidade ambiental.

## REFERÊNCIAS

BECKER, B. K.; EGLER, C. A. G. **Detalhamento da Metodologia para Execução do Zoneamento Ecológico-Econômico pelos Estados da Amazônia Legal**. Brasília, DF: SAE-Secretaria de Assuntos Estratégicos/MMA-Ministério do Meio Ambiente, 1996.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. São Paulo: Icone, 1990.

BOLLMANN, H. Indicadores ambientais. In: MAIA, N.; MARTOS, H.; BARRELLA, W. (Org.). **Indicadores ambientais: conceitos e aplicações**. São Paulo: EDUC/COMPED/INEP, 2001. 285 p.

BORROUGH, P. A. **Principles of Geographical Information Systems for Land Assessment**. Oxford: Oxford Press, 1988.

BRASIL. **Zoneamento agroecológico do Nordeste: diagnóstico do quadro natural e agrosocioeconômico**. Petrolina: EMBRAPA/CPATSA, 1991. v. 2.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. **Geoprocessamento para projetos ambientais**. São José dos Campos: INPE, 1996.

CARTER, G.F. Bonham. *Geographic Information Systems for Geoscientist - Modeling with GIS*. Nova Iorque: Pergamon. 1994.

CARVALHO G. S.; MINGOTI, S. A. **Manual do usuário: programas para realização da Análise Hierárquica**. Belo Horizonte: UFMG, 2005.

CHEN, J.; NEWKIRK, R. T.; DAVIDSON, G. The development of a knowledgebased geographical information system for the zoning of rural areas. **Environment and Planning B: Planning and Design**, Great Britain, v. 21, p. 179-190, 1994.

CONGALTON, R. G.; ODERWALD, R. G.; MEAD, R. G. Assessing Landsat classification accuracy using discrete multivariate statistical techniques. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, [S.l.], v. 49, n. 12, p. 1671-1678, 1983.

COWEN, D. J. SIG versus CAD versus DBMS: what are the differences? In: PEUQUET, D. J.; MARBLE, D. F. (Ed.). **Introductory readings in Geographic Information Systems**. Londres: Taylor and Francis, 1998.

DE MAN, W. H. E. Planing and designing strategies in establishing a geographical information system. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 1990, São Paulo. **Anais...** São Paulo: [s.n.], 1990. p. 103-108.

EASTMAN, R. **IDRISI for windows**: user's guide. Version 2.0. Worcester: Clark University, 1997.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: CNPS/EMBRAPA, 2005. np.

GOODCHILD, M. F. Geographic Information Systems in undergraduate geography: A contemporary dilemma. **The Operational Geographer**, [S.l.], v. 8, p. 34-38, 1985.

GRANDZOL, J. R. Improving the faculty selection process in higher education: a case for the analytic hierarchy process. **IR Application**, [S.l.], v. 6, p. 1-13, 2005.

GRIFFITH, J. J.; JUCKS, I.; DIAS, L. E. **Roteiro metodológico para zoneamento de áreas de proteção ambiental**. Viçosa, MG: UFV/IBAMA/PNMA, 1995. 37p. (Projeto BRA/90/010, Documento Final).

INPE. **Levantamento das áreas desflorestadas na Amazônia Legal no período de 1991-1997 e arco 98**. São José dos Campos: Separata, 1999.

INPE. **Monitoramento da Floresta Amazônica brasileira por satélite**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE-IBAMA. **Roteiro metodológico de planejamento**: parque nacional, reserva biológica, estação ecológica. Brasília, DF: IBAMA/MMA, 2005. 136 p.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, [S.l.], v. 33 , p. 159-174, 1977.

MANNIGEL, R. A; CARVALHO, M. P.; MORETI, D.; MEDEIROS, L. R. Fator de erodibilidade e tolerância de perda dos solos do Estado de São Paulo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1335-1340, 2002.

MARTINS, S. S. Levantamento florístico do Parque Cinturão Verde de Cianorte. In: NANNI, M. R.(Org.). **Plano de manejo do Parque Cinturão Verde de Cianorte**: encarte 3. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2009 (Relatório Técnico).

MEDEIROS, C. B.; PIRES, F. Banco de dados e sistemas de informações geográficas. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. (Ed.). **Sistemas de Informações Geográficas: aplicações na agricultura**. Brasília, DF: Embrapa/SPI, 1998. Cap. 3. p. 31-45.

MILANO, M. S.; RIZZI, N. E.; KANIAC, V. C. **Princípios básicos de manejo e administração de áreas silvestres**. Curitiba: ITCF, 1986. 57 p.

NANNI, M. R.; MARTINS, S. S.; MOTA, L. T. et al. **Plano de manejo Parque Cinturão Verde de Cianorte**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2009.

PARANHOS FILHO, A. C et al. **Avaliação Multitemporal das perdas de solos na Bacia do Rio Taquarazinho (MS)**. Curitiba: Ed. UFPR, 2003. (Boletim Paranaense de Geociências, n. 52).

PIRES, J. S. R. **Análise ambiental voltada ao planejamento e gerenciamento ambiental rural: abordagem metodológica aplicada ao município de Luiz Antônio - SP**. 1995. 195 f. Tese (Doutorado)– UFSCar, São Carlos, 1995.

PONZONI, F. J.; ALMEIDA, E. S. A estimativa do parâmetro kappa (K) da análise multivariada discreta no contexto de um SIG. In: SIMP. BRAS. DE SENS. REM., 8., 1996, Salvador. **Anais...** São José dos Campos: [s.n.], 1996. p. 14-19.

ROSENFELD, G. H.; FITZPATRICK-LINS, K. A coefficient of agreement as a measure of thematic classifications accuracy. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, New York: McGraw-Hill, v. 52, n. 2, p. 223-227, 1986.

SAATY, T. L. **Método de análise hierárquica**. São Paulo: Makron Books, 1991. 367 p.

SAATY, T. **Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process**. Pittsburg: RWS, 1994. 314 p.

SAATY, T. **The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation**. Londres: McGraw-Hill, 1980. 320 p.

SILVA, J. A. **Direito ambiental constitucional**. 3. ed. São Paulo: Malheiros, 2000. p. 209-242.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses**. Washington: Agriculture Handbook, 1965.

WORBOYS, M. F. **GIS**: a computing perspective. Londres: Taylor and Francis, 1995.

WRI/UICN/PNUMA. **A estratégia global da biodiversidade**: diretrizes de ação para estudar, salvar e usar de maneira sustentável e justa a riqueza biótica da Terra. Curitiba: Fundação o Boticário de Proteção à Natureza, 1992. 232 p.

YOUNG, J. A. T. A U.K. Geographic Information system for Environmental Monitoring, resource Planning and Management Capable of Integrating and Using Satellite Remotly Sensed Data. **International Journal of Remote Sensing**, [S.l.], v. 8, n. 4, p. 675-676, 1987.