

# USO DE GEOTECNOLOGIAS PARA INTERPRETAÇÃO DA PAISAGEM: PARQUE ESTADUAL DE CAMPINHOS – PARANÁ

Alex Soria Medina<sup>1</sup>  
Elaine de Cacia de Lima<sup>1</sup>  
Sandro José Briski<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Tuiuti do Paraná – UTP - [alex.medina@utp.br](mailto:alex.medina@utp.br); [elainecacia@ig.com.br](mailto:elainecacia@ig.com.br); [sandro.briski1@utp.br](mailto:sandro.briski1@utp.br)

## RESUMO

A utilização de geotecnologias como o sensoriamento remoto e o geoprocessamento auxiliam em análises e interpretações da paisagem, permitindo tomadas de decisão para estabelecer a sustentabilidade de áreas naturais ou alteradas. O recorte espacial tomado como objeto de estudo foi o Parque Estadual de Campinhos localizado nos Municípios de Tunas e Cerro Azul no Estado do Paraná, contendo dentro dos seus limites áreas naturais e culturais, atualmente utilizadas para atender a demanda turística. As cavernas são o principal enfoque e atração da área, sendo consideradas patrimônio ecológico de grande importância, em função de sua formação geológica e por apresentar-se como um vasto campo para possíveis estudos e pesquisas que podem ser realizadas para atender às necessidades dos municípios e da comunidade ali estabelecida. Com a ferramenta do sensoriamento remoto utilizando fotografias aéreas, elaborou-se a carta de uso e cobertura do solo com a distribuição dos elementos que compõem a paisagem do parque, através da interpretação visual. Foram também elaborados produtos de MDT (Modelo Digital do Terreno), através de curvas de nível com equidistância de 5 metros, cedidas pela SEMA (Secretaria Estadual do Meio Ambiente), com o objetivo de avaliar a morfologia do parque através de produtos como: hipsométrico, clinográfico, vetores, bloco diagrama e imagem sombreada. As cartas de hipsometria e de clinografia foram confeccionadas utilizando o *software* SPRING versão 3.6. E os demais produtos do MDT foram confeccionados a partir do *software* SURFER versão 7.0. Com a utilização das geotecnologias, pode-se concluir a sua importância em aplicações de projetos voltados as questões ambientais, através da elaboração de produtos cartográficos específicos e de suas sobreposições onde são obtidas respostas sobre a área analisada, facilitando o desenvolvimento de planejamentos adequados, tendo como resultado uma melhor qualidade da paisagem.

**Palavras-chave:** Geotecnologias; Qualidade da paisagem; Análises

## USING GEOTECHNOLOGY TO INTERPRETATION OF LANDSCAPES: STATE PARK CAMPINHOS – PARANÁ

### ABSTRACT

The use of Geotechnology like Remote Sensing and Geoprocessing, help in analyses and interpretations from the landscape, permit take decision to establish to defensibility of natural areas or altered. The area taken to study was the State Park of Campinhos located in Tunas and Cerro Azul in the State of the Paraná, containing inside his natural limits areas and of cultural, at present utilized to attend the tourist demand. The caverns are the main approach and appeal from the area, being considerate ecological patrimony of big importance, in function of his geological formation and present a vast field for possible studies and researches that can be carried out to attend to the needs of the towns and from the community there established. Tool like Remote Sensing utilizing air photographs, elaborate maps of use and cover soil with the distribution of the elements that compose the landscape of the park, through from the visual interpretation. Them also elaborate products DTM (Digital Terrain Model), through of curves of level with equidistance of 5 meters, given up by the SEMA (State Office of Environment), with the objective of evaluate to morphology of the park through of products like: Hypsometric, Clinographic, Vectors, Diagram Block and shape image. Maps of hypsometric and of clinographic they were produce by SPRING software version 3.6. And the two products of the DTM were produced by SURFER 7.0 software with the utilization of the geotechnology, is able to conclude to theirs importance in application of projects come back the environmental questions where do they be obtained answers about the area analyzed, facilitating the adequate development and planning, having as result a better quality from the landscape.

**Keywords:** Geotechnology; environment; analisys

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente estudos destinados a compreensão de sistemas ambientais, considerando a dinâmica e a conexão entre os elementos que formam o meio ambiente, tratando os mesmos de forma holística, onde os fenômenos de energia e matéria não devem ser analisados de forma compartimentada e sim de forma integrada e indissolúvel, respeitando as características localizacionais e temporais de cada área e suas particularidades físicas e biológicas, além das culturais e sociais estabelecidas pela atividades humanas em todos seus segmentos, representam em seus resultados instrumentos que possibilitam realizar planos e programas de gestão e planejamento do espaço geográfico, estabelecendo modelos adequados voltados à sustentabilidade ambiental.

Para auxiliar nesta busca da compreensão integrada dos componentes que formam o meio, surge como instrumento e técnica os avanços na área das geotecnologias, onde associam-se informações e instrumentos de tratamento analógico, gerando como produtos informações georeferenciadas em formatos eletrônicos e digitais tornado possível e mais dinâmico à aquisição dos conhecimentos que favorecem as análises que por sua vez pressupõe os diagnósticos que tornam possíveis os prognósticos.

O objetivo deste trabalho é aplicar técnicas e métodos relacionados à geotecnologia, através do geoprocessamento e sensoriamento remoto, para a avaliação da aplicabilidade destes modelos no conhecimento estrutural do meio ambiente.

Para tanto definiu-se como área de estudo o Parque Estadual de Campinhos localizado nos Municípios de Tunas do Paraná e Cerro Azul no setor leste do Estado do Paraná, pelo mesmo apresentar características distintas de áreas "karsticas", que possuem dinâmicas diferenciadas de comportamento entre a conexão dos elementos que em conjunto definem estas regiões, se comparadas a outras regiões semelhantes porém sem a presença de cavernas, as quais devem ser consideradas como uma extensão e expressão das trocas e fluxos de energia e matéria do meio externo. Por apresentar esta distinção os resultados obtidos com auxílio das geotecnologias podem ser melhor avaliados, estabelecendo parâmetros para avaliação e funcionalidade destas técnicas aplicadas a geossistemas particularizados por peculiaridades próprias.

## 2. ESTADO DA ARTE

Em função da atual preocupação voltada às questões ambientais, estabelecidas pelas características definidas pela transformação e modificação das paisagens antes naturais e inexploradas, faz-se importante algumas avaliações, referidas as potencialidades, disponibilidades e vulnerabilidades que as mesmas possam apresentar. Tais disponibilidades voltam-se as suas riquezas naturais, as quais podem ser exploradas de inúmeras maneiras, mas que, devido ao constante desequilíbrio que vem sofrendo a natureza estabelecido pelo uso e ocupação descontrolada, cresce a importância do conceito do desenvolvimento sustentável que conforme SVEDIN (1987), citado por SACHS em VIEIRA; WEBER (1997, p. 474),

O desenvolvimento sustentável não apresenta um estado estático de harmonia, mas, antes, um processo de mudança, no qual a exploração dos recursos, a dinâmica dos investimentos, e a orientação das inovações tecnológicas e institucionais são feitas de forma consistente face às necessidades tanto atuais quanto futuras.

Na busca do aprofundamento, da compreensão e da prática do desenvolvimento voltado a sustentabilidade, como força motivadora e impulsionadora, tem-se os avanços da tecnologia que aliados aos estudos científicos propiciam valorosos resultados. Tais avanços técnicos proporcionam quando utilizados de maneira correta, a obtenção de um maior conhecimento das características formadoras dos sistemas ambientais, que uma vez estabelecidos limites e localização geográfica passam a ser considerados Geossistemas.

É nesta constante busca pelo entendimento e análise de diferentes formas de ocorrência de estruturas ambientais, que fundamenta-se o motivo e a expectativa deste trabalho. Considerando a importância que representa os ambientes cavernícolas, os quais dependendo de sua estrutura podem ser considerados como paleoambientes, por existir um longo tempo no processo de formação para se chegar as atuais formas.

Porém estes ambientes tem uma forma própria de ocorrência que está intimamente ligada às condições físicas, químicas e biológicas naturais, e apresentam-se muito frágeis à interferência humana. A estas características de estruturação e possíveis modificações é que se atribui a importância de ampliar os conhecimentos, experimentando novas técnicas ou utilizando-se de metodologias já desenvolvidas.

Neste estudo de caso específico, procurou-se utilizar a aplicação de geotecnologias contemplando as técnicas do Sensoriamento Remoto e do Geoprocessamento destinadas as aplicações entre a

realidade dos elementos formadores do meio ambiente e as construções virtuais transformadas em informações eletrônicas e digitais com aplicação de fórmulas e modelos matemáticos, estabelecendo relações quantitativas associadas às condições qualitativas representando estruturas e unidades do modelado do terreno e sua dinâmica.

Segundo Câmara; Medeiros citado em ROCHA (2000, p.01), “o termo geoprocessamento denota uma disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica”.

Associada, e complementando as necessidades das informações representativas dos modelos reais aplicam-se também às técnicas e metodologias do sensoriamento remoto que segundo NOVO (1995, p.01 ) é definido, “ como a utilização de sensores para a aquisição de informações sobre objetos ou fenômenos sem que haja contato direto entre eles. Os sensores seriam os equipamentos capazes de coletar energia proveniente do objeto, convertê-la em sinal passível de ser registrado e apresentá-lo em forma adequada a extração de informações”.

Considerado como importantes ferramentas capazes de trazer a realidade através de modelos virtuais representativos, estas técnicas e instrumentos são de grande valia para avaliações, diagnósticos e prognósticos que se relacionam a compreensão e a adequadas maneiras de produção e utilização de espaços geográficos, considerando suas peculiaridades e seu grau de absorção de impactos positivos e ou negativos.

### 3. MATERIAS E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida em três fases: campo, geoprocessamento e escritório. A utilização da geotecnologia (geoprocessamento e sensoriamento remoto) se fez necessária para a análise e interpretação dos fatores inter-relacionados do meio, favorecendo uma melhor compreensão em relação à vulnerabilidade do recorte espacial referente ao seu complexo sistema geoambiental.

Para a realização desta pesquisa utilizou-se o método indutivo, o qual se aplica a observações e regularidades ocorridas na integração de todos os componentes ambientais.

#### 3.1 MATERIAIS

Campo:

- utilização do receptor GPS de navegação (Sistema de Posicionamento Global), para localização e georreferenciamento de pontos de monitoramento, utilizados para analisar as condições ambientais, físicas e estruturais da área em estudo. Além de averiguação e interpretação do tipo de uso e cobertura do solo.

Geoprocessamento:

- Fotografias aéreas em escala 1:25000 do ano de 1980, cedidas pela SEMA (Secretaria Estadual de Meio Ambiente);
- Base digital de dados constituído de curvas de nível, malha viária, rede de drenagem e contorno do parque, além dos mapas temáticos de solo e geologia, também cedidos pela SEMA;
- Utilização do Sistema SPRING<sup>®</sup> versão 3.6, *software* de ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas), desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), para a elaboração e integração dos produtos cartográficos e do *software* SURFER<sup>®</sup> 7.0 para a elaboração dos MDTs (Modelos Digitais do Terreno).

Escritório:

- Material bibliográfico referente ao embasamento da pesquisa.

### 3.2 MÉTODOS

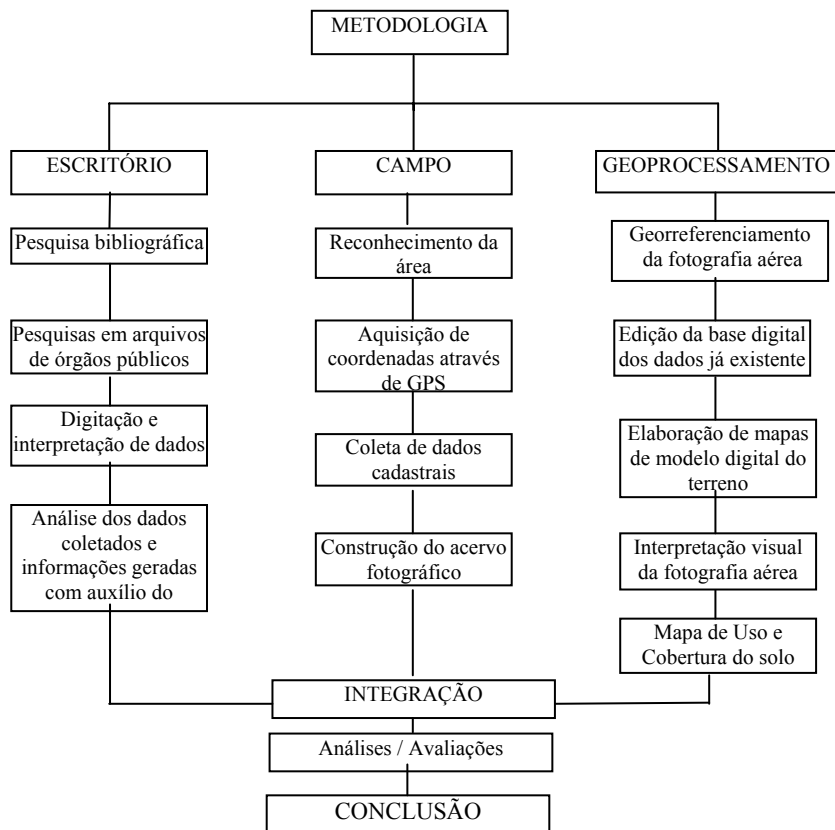


FIGURA 01- FLUXOGRAMA DO DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

- Definição dos objetos observados: pesquisas de campo, para reconhecimento e análise da área, o Georreferenciamento com GPS, acervo fotográfico e constatação do uso e cobertura do solo.

- Geoprocessamento:

O registro (georreferenciamento) da fotografia aérea foi realizado através da base digital já existente, identificando verossimilhanças na fotografia e nos elementos vetoriais, correlacionando os pontos de controle alocados na fotografia com as mesmas coordenadas das informações vetoriais utilizando como parâmetro principalmente a rede de drenagem e a malha viária.

Através da fotografia aérea, realizou-se:

- Uma interpretação visual, onde através de alguns elementos ocorrentes na fotografia como: forma, tamanho, tonalidade, textura, padrão, sombra e posição, pôde-se identificar os componentes integradores do recorte espacial estudado, obtendo uma Carta de Uso e Cobertura do Solo a qual foi verificada com supervisão de campo. Esta comprovação de campo foi necessária em função da fotografia aérea ser do ano de 1980, onde alguns fatores na área foram alterados/modificados no decorrer dos anos, desta maneira foi integrada a visualização da paisagem sobre a fotografia e da paisagem atual *in loco*, obtendo-se uma interpretação visual do Parque.

Optou-se por uma interpretação visual de fotoanálise e não a classificação digital de uma imagem orbital, pela dimensão do recorte espacial do parque, onde a utilização da imagem de satélite apresentou incompatibilidade de escalas, dificultando as interpretações para o desenvolvimento das avaliações ambientais.

Através das curvas de nível com equidistância de 5 m, foram elaborados produtos de MDT (Modelo Digital do Terreno).

Os produtos elaborados foram:

- Carta Hipsométrica : este produto tem a finalidade de demonstrar a diferença altitudinal representado por faixas temáticas;
- Carta Clinográfica : através deste produto observa-se as inclinações da área, que podem auxiliar nas tomadas de decisão em relação à conservação do terreno, apontando áreas com potencial de fragilidade ambiental;

- Relevo Sombreado: visualiza-se a morfologia do terreno e outros aspectos integrantes do recorte espacial. Como a estrutura e ocorrência do modelo de drenagem superficial, e os aspectos geomorfológicos;
- Bloco Diagrama: utilizados para a representação tridimensional do modelado do terreno. Este bloco diagrama é gerado a partir dos eixos X e Y que representam as colunas e linhas matriciais do arquivo digital.

Além dos produtos elaborados em função da fotografia aérea e da altimetria, foram apresentados outros produtos cedidos pela SEMA, reeditados e revisados pela equipe executora do trabalho no laboratório de Geoprocessamento do Curso de Geografia da Universidade Tuiuti do Paraná, os quais contribuíram em análises e interpretações.

- Carta planialtimétrica, a qual caracteriza toda a realidade do terreno em suas formas planas e altimétricas;
- Carta de solo, o qual possibilita a análise de relação do tipo de solo com sua melhor competência de uso e atual utilização;
- Carta de geologia, demonstra a estrutura geológica da área, podendo analisar processos da presença ou falta de estabilidade ambiental.

Classificação dos dados: o inter-relacionamento e confrontação das informações de campo adquiridas, com aquelas existentes de bibliografias e a construção e análises dos produtos referentes a geotecnologia, houve uma integração de informações, obtendo análises e avaliações referentes ao Parque Estadual de Campinhos, estabelecendo uma metodologia de utilização para estudos referentes a sistemas ambientais.

#### 4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

##### 4.1 LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A referida área de estudo, o Parque Estadual de Campinhos localiza-se nos Municípios de Tunas do Paraná e Cerro Azul no setor leste do Estado do Paraná, conforme observado na Figura 02 (Mapa de Localização Territorial), apresentando às seguintes coordenadas geográficas e planas (m):

Latitude 25° 02' 49" S Longitude 49° 06' 08" W X<sub>1</sub> – 691500 Y<sub>1</sub> – 7228500

Latitude 25° 01' 27" S Longitude 49° 04' 37" W X<sub>2</sub> – 694000 Y<sub>2</sub> – 7231000

O parque criado no ano de 1960 sob o decreto nº 31013/60, apresenta uma área de 204,49 ha, contendo em seus limites: cavernas, dolinas, sumidouros, lagos, cobertura vegetal e edificações para atender a demanda turística e a manutenção do parque com alojamentos, centro de informações e churrasqueiras. Figura 03 (Carta Planialtimétrica).

O acesso ao Parque se faz pela rodovia federal BR 476 ( Estrada da Ribeira).

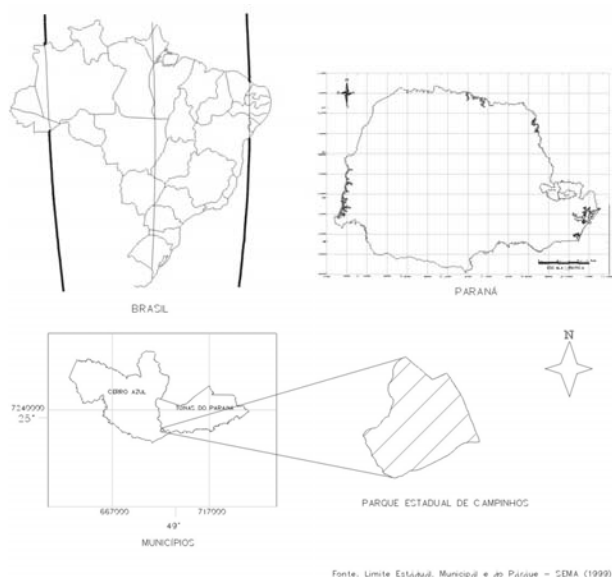


FIGURA 02 – MAPA DE LOCALIZAÇÃO TERRITORIAL

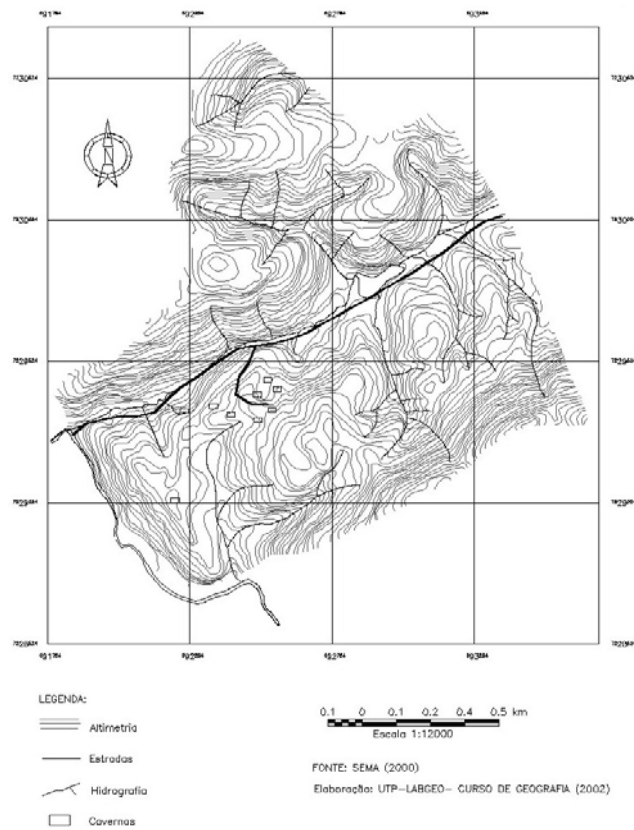


FIGURA 03 – CARTA PLANIALTIMÉTRICA

#### 4.2 CONDIÇÕES DO MEIO FÍSICO-BIÓTICO

Em razão da área apresentar sua evolução da paisagem relacionada a ambientes cársticos, observa-se que os processos geomorfológicos e suas representatividades da modelagem estrutural do relevo, entre outros fatores está intimamente relacionado com a estrutura litológica da região.

Ocorre na região a associação de rochas metamórficas do Proterozóico, com a predominância de filitos, quartzitos e xistos que se destacam no relevo formando cristas mais elevadas e espigões alongados favorecendo ao desenvolvimento de um relevo acidentado, e os calcários fortemente dobrados que estão associados as áreas mais rebaixadas da região e proporcionam através do intemperismo químico à formação de dolinas e cavernas, com estruturas internas diversificadas originando os espeleotemas através da dissolução carbonática dos calcários que são atacados pelo ácido carbônico presente no ciclo hidrológico. (Figuras 04 e 05 – Cartas Hipsométrica e Clinográfica)

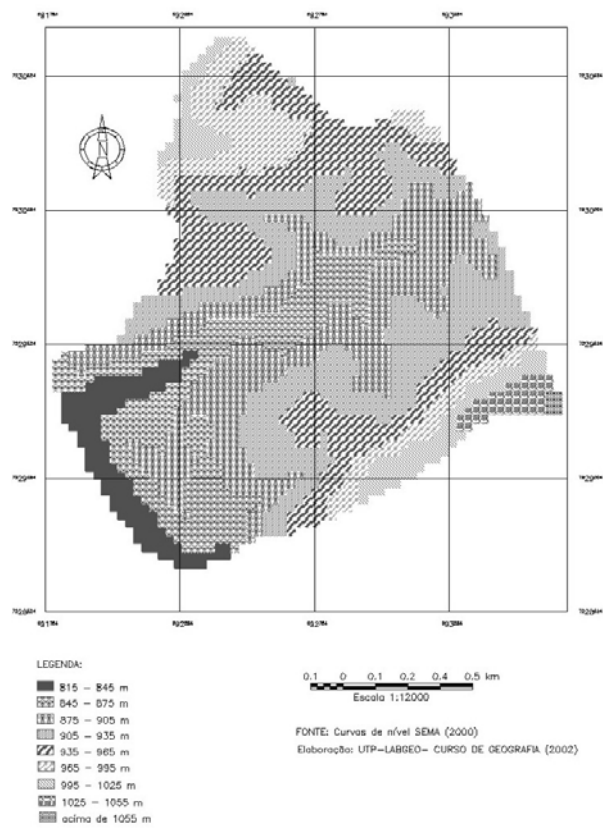


FIGURA 04 – CARTA HIPSOMÉTRICA

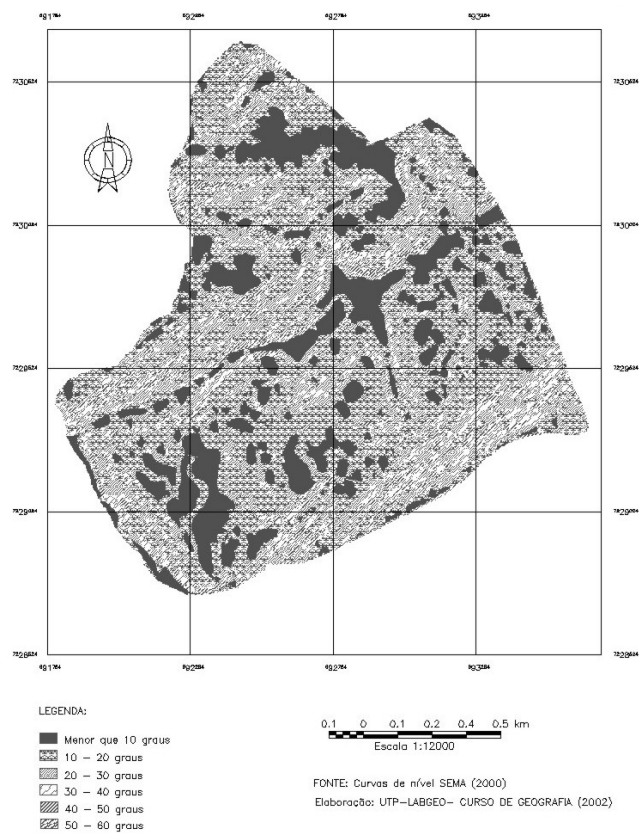


FIGURA 05 – CARTA CLINOGRÁFICA

O clima predominante é do tipo Cfb segundo a classificação de Köppen, caracterizando um modelo climático mesotérmico, úmido a superúmido, com distribuição de chuvas regulares sem estação seca, com verões frescos e a ocorrência de geadas nos meses mais frios.

A rede de drenagem está inserida na sub-bacia hidrográfica do rio Ribeira constituindo-se na área a micro bacia do rio Pulador, ambas tributárias da bacia hidrográfica do Atlântico ou do Leste no Estado do Paraná. Como característica a drenagem apresenta forma retangular imposta pelas características da estrutura geológica podendo ser direcional ou adaptada, com rios de até quarta ordem.

O desenvolvimento da cobertura pedológica, é resultado da associação dos fenômenos climáticos que atuam sobre o modelado do terreno atingindo o substrato geológico e ocasionam o intemperismo das rochas que constitui o material de origem dos solos que ocorrem na região, com a predominância dos Podzólicos e Cambissolos, que apresentam restrições de aptidão para atividades agropecuárias pela baixa fertilidade e pelas condições pouco favoráveis do relevo.

A vegetação original é constituída pela Floresta Ombrófila Mista tendo como principal espécie representante desta formação florestal a *Araucaria angustifolia*. Atualmente a cobertura vegetal da área encontra-se em processos de reestruturação apresentando fases iniciais, intermediárias e avançadas de sucessão ecológica, com a presença de uma pequena área apresentando ainda características da vegetação primária, que contrasta com os reflorestamentos de *Pinus* nas regiões de adjacência do parque.

## 5. INTERPRETAÇÃO VISUAL

Além do avanço do sensoriamento remoto visto atualmente como ciência, ocorreu também o avanço da informática, criando programas adequados para se trabalhar com os produtos oriundos do sensoriamento. Estes novos programas são destinados para o processamento digital de imagens sejam elas orbitais ou fotográficas, o qual, auxilia no seu registro (georreferenciamento), nos trabalhos de realces, classificações, entre outros.

Existindo o processamento digital de imagem, ele auxilia na interpretação visual de uma determinada área, a qual pode ser observada segundo NOVO (1995, p.205), “quando os sinais detectados pelo sensor são transformados em uma imagem bidimensional da cena, dizemos que os sinais foram processados opticamente. O produto é uma imagem óptica, ou seja, uma imagem que pode ser visualizada e que, portanto, permite a extração de informações através de sua inspeção visual”.

Para realizar a inspeção visual, o profissional depende de vários parâmetros, mas, o principal sensor a ser utilizado é o olho humano, o qual conectado ao cérebro processa as diferentes informações obtidas sobre a imagem.

A interpretação visual ou foto-leitura é antes de tudo, o reconhecimento direto de objetos construídos ou modificados pelo homem, e de características naturais do terreno. Refere-se à visão vertical de edificações, agricultura, hidrografia, florestas, formas do relevo, entre outros. Normalmente este processo não envolve o uso do aparelho estereoscópio e por isso é considerada como a mais simples técnica de interpretação.

Nos primeiros estágios da interpretação, deve ser estabelecido o que é reconhecível e conhecido, por isso a importância de pesquisa de campo e observação do mapa ou cartas da região, antes de iniciar a interpretação das fotografias aéreas.

As informações diferenciadas em uma fotografia, são decorrentes das propriedades dos objetos como: forma, sombra, tamanho, textura, padrão, tonalidade e posição, NOVO (1995).

- forma: pode ser considerada como uma expressão topográfica ou de contornos, onde é possível verificar a presença de construções pois são formas retangulares servidas por estradas ou caminhos; vegetação natural, que apresenta contorno irregular e de aspecto variável; cursos de água, caracterizados por marcas contínuas de trajetos irregulares e ondulantes; áreas cultivadas, pois se apresentam em contornos regulares; entre outros;
- sombra: ocorre quando um objeto se interpõe e impede que os raios de sol alcancem certas áreas e, em alguns casos facilita a interpretação, pois indica uma visão do perfil lateral do objeto, mas em outros dificulta a interpretação, uma vez que os objetos que ficam na sombra refletem pouca luz e não podem ser percebidos;
- tamanho: depende exclusivamente da escala da fotografia e torna possível a mensuração de qualquer objeto;
- textura: é a frequência de mudança de tonalidade dentro de uma imagem, que é produzida por um agregado de componentes muito pequenos que não podem ser distinguidos individualmente na fotografia;
- padrão: refere-se à forma ou à combinação de detalhes que são característicos de muitos grupos de objetos, tanto natural como construídos pelo homem. Entre os padrões a serem identificados estão os padrões de drenagem, padrões de vegetação, entre outros;
- tonalidade: é uma medida da qualidade relativa de luz refletida pelos objetos e uma fotografia pancromática, representa gradações de cinza absolutas entre o preto e o branco;



- posição: que refere-se a localização que é importante para interpretar modificações feitas pelo homem e de certas formações naturais.

Ao analisar uma fotografia, requerer a detecção/identificação, as medidas e a solução de problemas, e esta deve conter condicionalmente três etapas, as quais correspondem à análise visual: NOVO (1995)

- Procedimentos, no qual deve haver teste de hipóteses, argumentação e convergência de evidência;
- Técnicas, contendo modelos de percepção, material colateral (literatura, medições de laboratório, chaves de interpretação, trabalho de campo), visão estereoscópica e método de busca;
- Elementos básicos, contendo tonalidades/cor (arranjos espaciais de ordem mais elevada), tamanho/forma (arranjos geométricos de tonalidade e cor), textura/padrão (arranjo espacial de tonalidade e cor), altura/sombra (interpretação baseada em elementos de ordem mais alta) e localização/associação (elementos locais).

Estes procedimentos podem ser utilizados para análise visual de uma imagem digital, podendo ser realizada sobre uma imagem orbital ou sobre uma imagem fotográfica estabelecida em razão da escala e objetivo do estudo, a qual apresenta-se em níveis de cinza.

A interpretação visual realizada para este trabalho, resultou em uma Carta de Uso e Cobertura do Solo a qual foi confeccionada através de fotografia aérea e de trabalho de campo para a atualização das informações, sendo obtido os seguintes temas: alojamento, cavernas, centro de informações turísticas, churrasqueiras, corpos d'água, dolina, estrada, Floresta Ombrófila Mista ocupando 37% de toda a área, Floresta Secundária Avançada com 31%, Floresta Secundária Intermediária com 30% e Pinus spp. (Figura 06 - Carta de Uso e Cobertura do Solo)

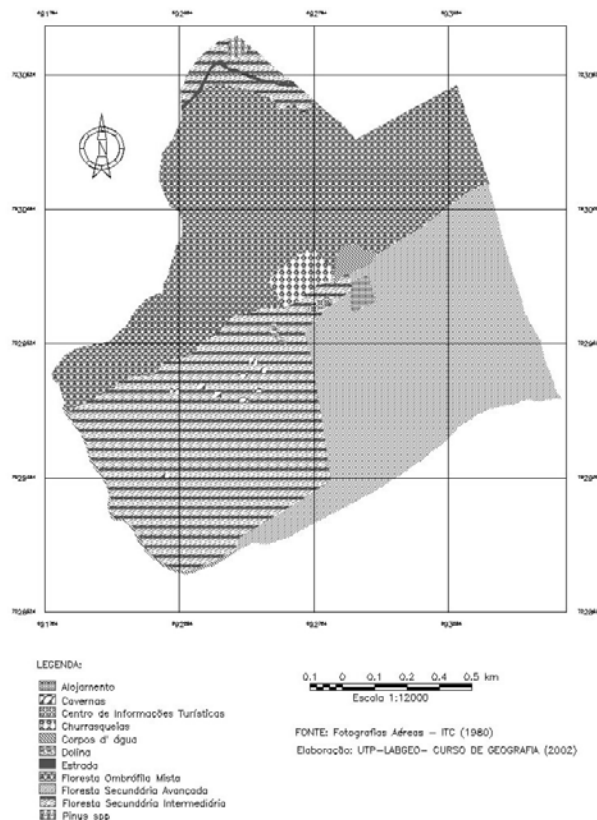


FIGURA 06 – CARTA DE USO E COBERTURA DO SOLO

Atualmente a área ocupada por Floresta Secundária Intermediária, foi interpretada na fotografia aérea de 1980, como área de Reflorestamento de Pinus, com o passar do tempo esta área deixou de ser explorada, ficando destinada ao processo de sucessão ecológica. Com a investigação de campo foi verificado que esta área encontra-se com uma vegetação secundária que está se regenerando para mais tarde chegar a uma estabilização.

## 6. MODELO DIGITAL DO TERRENO

Um modelo digital de terreno - MDT (DTM = Digital Terrain Model) é uma representação matemática da distribuição espacial de uma determinada característica vinculada à uma superfície real. A superfície é em geral contínua e o fenômeno que representa pode ser variado. Dentre alguns usos do MDT pode-se citar (BURROUGH, 1986):

- Armazenamento de dados de altimetria para gerar mapas topográficos;
- Análises de corte-aterro para projeto de estradas e barragens;
- Elaboração de mapas de clinografia e exposição para apoio a análise de geomorfologia e erodibilidade;
- Análise de variáveis geofísicas e geoquímicas;
- Apresentação tridimensional (em combinação com outras variáveis).

Para a representação de uma superfície real no computador, é indispensável a elaboração e criação de um modelo digital, que pode estar representado por equações analíticas ou uma rede (grades regulares ou irregulares) de pontos, de modo a transmitir ao usuário as características espaciais do terreno.

A criação de um modelo digital de terreno corresponde a uma nova maneira de focar o problema da elaboração e implantação de projetos. A partir dos modelos (grades) pode-se calcular diretamente volumes, áreas, desenhar perfis e seções transversais, gerar imagens sombreadas ou em níveis de cinza, gerar mapas de declividade e aspecto, gerar fatiamentos nos intervalos desejados e perspectivas tridimensionais.

### 6.1 INTERPOLADOR INVERSO DA DISTÂNCIA ELEVADO A UMA POTÊNCIA

O método do inverso da distância elevado a uma potência é um método rápido para gerar uma grade de interpolação. Este método utiliza pesos na realização de uma interpolação, estes pesos podem ter um valor exato ou serem suavizados de acordo com cada ponto analisado, se este está perto ou distante do nodo que está sendo tomado como base.

O peso de um ponto interpolado é influenciado pelo ponto próximo dependendo da distância que este se encontra do nodo. Os pesos são alocados aos pontos de acordo com a distância que estes se encontram do nodo, quanto maior a distância menor a influência deste ponto na realização da interpolação.

A equação utilizada pelo método do inverso da distância elevado a uma potência é:

$$\hat{Z}_j = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{Z_i}{h_{ij}^\beta}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{h_{ij}^\beta}} \quad (01)$$

$$d_{ij} = \sqrt{d_{ij}^2 + \delta^2}$$

onde:

$h_{ij}$  é a distância de separação efetiva entre o nodo da grade "j" e o ponto "i";

$\hat{Z}_j$  é o valor interpolado do nodo da grade "j";

$Z_i$  são os pontos ao redor do nodo;

$d_{ij}$  é a distância entre o nodo da grade "j" e os pontos ao redor do nodo "i";

$\beta$  é a potência do peso (um parâmetro de potência), e;

$\delta$  é o parâmetro de suavização.

## 6.2 BLOCO DIAGRAMA

Os blocos diagramas são representações tridimensionais de uma grade de pontos, este bloco diagrama é gerado desenhando os eixos X e Y que representam as colunas e linhas de arquivo que gera a grade sendo ela regular ou irregular. Cada interseção de uma linha com uma coluna denomina-se de nodo, e está associada a este ponto uma altitude Z. (Figura 07 – Bloco Diagrama)

Os blocos diagramas podem ser visualizados a partir de dois tipos de projeções, a projeção perspectiva, e a projeção ortométrica. Na projeção perspectiva as linhas parecem estar distantes do observador dando desta maneira uma noção de profundidade, já na projeção ortométrica, as linhas são desenhadas paralelas.

Os componentes dos blocos diagramas são os seguintes:

- O eixo X representa as colunas do arquivo de pontos da grade, o número de linhas no eixo X é controlado pelo número de coluna deste arquivo;
- O eixo Y representa as linhas do arquivo de pontos da grade, analogamente é controlado pelo número de linhas do arquivo;
- O eixo Z são as curvas de nível da superfície do desenho, o número de linhas Z do bloco diagrama depende do valor máximo e mínimo das curvas de nível e de como é especificada a equidistância entre as curvas.

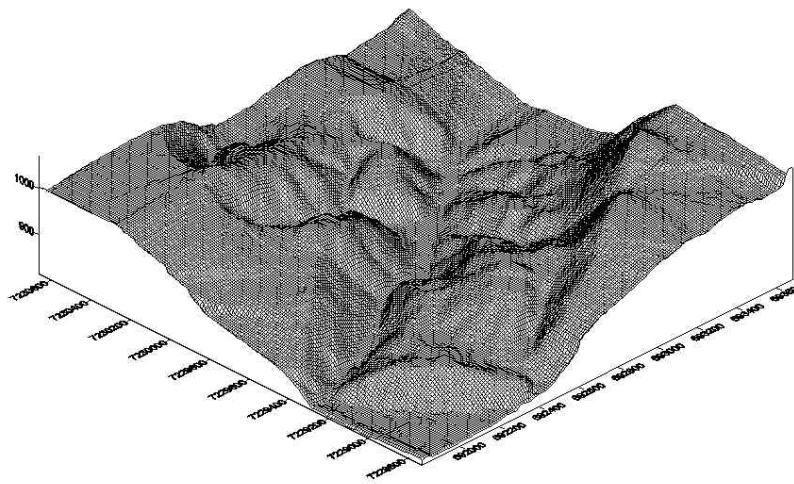


FIGURA 07 – BLOCO DIAGRAMA

## 6.3 CARTA DE CURVAS DE NÍVEL

As isolinhas são curvas que unem entre si pontos da superfície que tenham o mesmo valor de altitude. O significado do valor da altitude depende da magnitude física da superfície que se pretende modelar. Assim para uma superfície que representa temperatura se obtém isotermas, para previsão atmosférica, as isóbaras; para altimetria do terreno, as curvas de níveis, etc.

As isolinhas podem ser visualizadas como sendo a projeção no plano (x, y) das interseções entre a superfície e uma família de planos horizontais equidistantes.

As curvas de isovalores possuem algumas propriedades importantes entre elas: todas são fechadas, a menos que interceptem as fronteiras de definição do mapa e nunca se cruzam.

Os *softwares* geram isolinhas ou curvas de isovalores a partir de um modelo digital de terreno (MDT) na forma de grade retangular ou triangular utilizando o método das células. Neste método, para cada célula são geradas todas as curvas de isovalor que interceptam esta célula. Os segmentos de reta são armazenados para, em uma fase final, serem ligados formando uma curva fechada de isovalor.

## 7. RESULTADOS E ANÁLISES

Em razão da integração das atividades de campo, escritório e laboratório é possível tecer algumas considerações analíticas a respeito do modelo ambiental pertinente aos limites do Parque Estadual de Campinhos e seu entorno, considerando a conexão dos elementos formadores do meio como agrupamentos semelhantes para a Região do Carste.

Os modelos temáticos desenvolvidos com o auxílio da geotecnologia representando o direcionamento e ocorrências das vertentes, Figura 08 (Carta Vetorial da Magnitude e Dimensão dos Fluxos das Vertentes) e da representação sombreada do relevo, Figura 09 (Carta do Relevo Sombreado), além de outros, se mostraram bastante eficientes na colaboração da compreensão da estrutura superficial do modelado terrestre do recorte espacial que associado aos trabalhos de campo e revisão literária possibilitaram à seguinte análise ambiental:

Observa-se que a área de um modo geral apresenta amplitudes altimétricas significativas, com variações entre 815 m, e com as cotas mais elevadas superiores a 1055 m ocasionando uma amplitude relativa de 240 m entre a cota mínima e a máxima. Associada a esta condição altimétrica estão graus diferenciados de inclinação das vertentes, que de um modo geral apresentam pendentes curtas e abruptas, principalmente no contato entre as cristas de filitos e filitos cataclásticos com as lentes de calcário, onde há uma amplitude de 20° a 40° graus de inclinação das vertentes, podendo em alguns casos exceder a 50° graus.

As condições do relevo estão impostas pela estrutura geológica que apresenta cristas de quartzitos que se destacam em altitudes mais elevadas com direcionamento SW-NE, formando espigões alongados, enquanto que os diques de diabásio desta região apresentam direções de SE-NW e representam cristas secundárias. Onde predominam as áreas com presença dos calcários formam as zonas deprimidas do relevo, característica atribuída pela facilidade do intemperismo a que estão sujeitas estas rochas. Toda esta litologia é trabalhada principalmente pela ação das condições climáticas que apresenta características de uma região úmida a superúmida, sem estações secas prevalecendo desta forma o intemperismo químico das rochas. Esta forma predominante de intemperismo está intimamente ligada a ocorrência e evolução dos ambientes cavernícolas com todas suas estruturas internas, além de estarem fortemente associados aos processos pedogenéticos onde predominam em extensão de área, os solos podzólicos ocupando mais da metade do recorte espacial que delimita o parque (aproximadamente, 53% da área do parque), e que devido a sua estrutura morfológica são muito susceptíveis aos processos erosivos, aumentando em muito esta susceptibilidade quando associados a relevos acidentados como os que ocorrem na região.

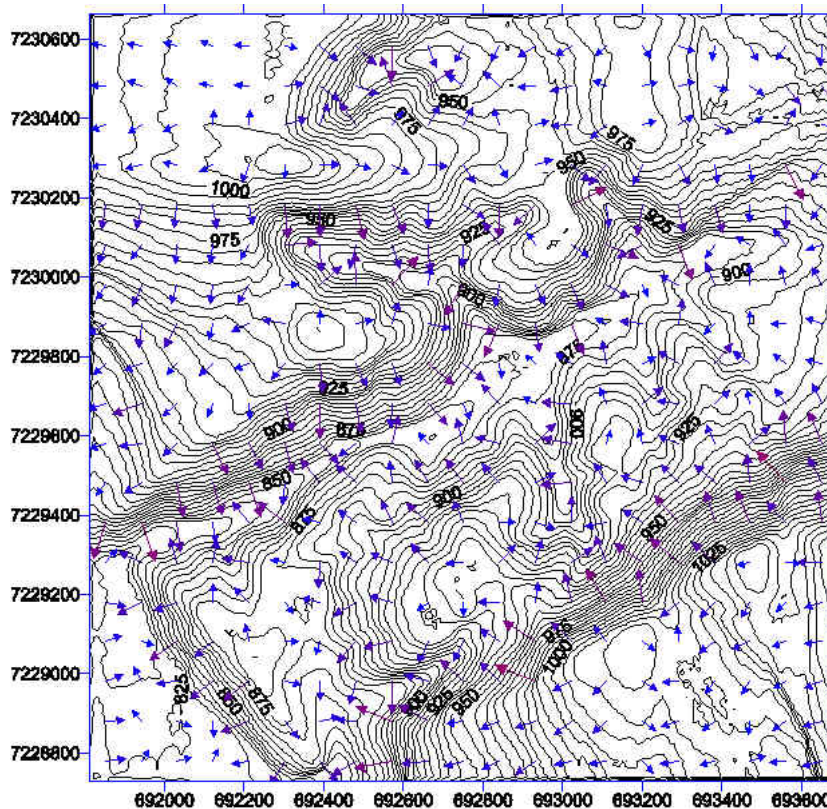


FIGURA 08 – CARTA VETORIAL DA MAGNITUDE E DIMENSÃO DOS FLUXOS DAS VERTENTES

Em razão da litologia associada ao relevo e as condições climáticas estabelece-se nesta área um modelo de drenagem que apresenta forma retangular, com caráter direcional ou adaptado com rios de primeira a quarta ordem. A disposição e modelo hídrico ocorrente em ambientes “kársticos”, são um dos principais fatores que contribuem para a formação dos dutos subterrâneos que constituem as galerias que se conectam com os salões que costumam ocorrer no interior das cavernas.

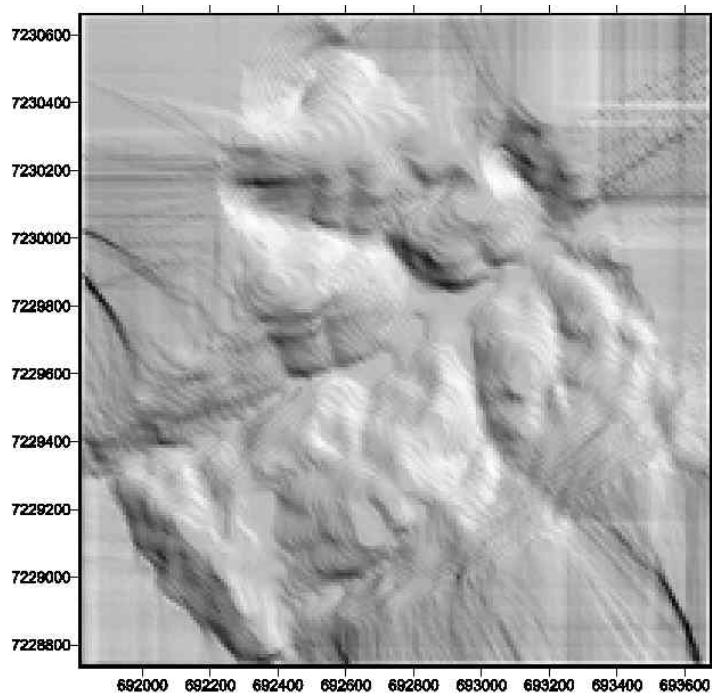


FIGURA 09 – RELEVO SOMBREADO

É importante também que se perceba que a cobertura vegetal primária da área do parque já apresenta substituição, podendo-se observar na maior parte de sua área estágios ecológicos de reestruturação vegetal em níveis diferenciados com ciclos de sucessões iniciais (1º fase) até níveis mais evoluídos de capoeirão/floresta secundária (5º fase). O parque apresenta uma área florestada com *Araucaria angustifolia* e *Pinus spp.*, sendo que este último está presente de maneira significativa no entorno da área, caracterizando uma forma de exploração econômica pertinente à região.

Tais características de cobertura vegetal influenciam decididamente sobre os aspectos físicos observados na região e possibilitam a ocorrência e permanência da fauna, que por sua vez tem como um de seus papéis ecológicos, garantir a manutenção vegetal natural do parque através da distribuição e germinação das sementes. É fundamental que se perceba a importância da cobertura vegetal como um fator ecológico regulador e equalizador do equilíbrio deste meio, visto que as possibilidades de desestabilização, estão associadas neste caso principalmente às interferências de ordem humana que tendem para a artificialização da natureza interferindo no equilíbrio dinâmico deste geossistema, onde estas modificações se fazem perceber normalmente em primeira instância na qualidade da cobertura vegetal.

De um modo geral, pode-se considerar que a área do parque no que diz respeito à sua dinâmica ambiental apresenta-se como um sistema ambiental frágil, caso não se respeite suas características naturais. Esta fragilidade torna-se mais significativa em razão da mesma indicar através de suas estruturas ser uma região “kárstica”, que possui a evolução de sua paisagem de forma temporal gradativa e lenta, mas que no entanto pode ser dinamizada estas modificações em função da utilização deste espaço de forma desordenada e inadequada com suas competências, não respeitando seu limite de carga, podendo assim desestruturar num espaço curto de tempo o que a natureza levou milhões de anos para formar.

Desta forma evidencia-se a importância que representa estudos que procurem entender o funcionamento e integração dos elementos formadores deste complexo sistema ambiental, para que uma vez adquiridos conhecimentos sistêmicos deste diferenciados ambientes, haja a possibilidade de se contribuir com planos de manejo e gestão de tão importantes áreas que representam além de grande potencial turístico, verdadeiros laboratórios naturais para pesquisas e aprofundamentos científicos voltadas as Geociências.

## 8. CONCLUSÕES

A utilização da geotecnologia (Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto), apresentou-se como um instrumento de grande valia no desenvolvimento deste estudo possibilitando a construção de produtos cartográficos de extrema importância e funcionalidade para as interpretações da dinâmica ambiental da região.

Aliada às técnicas matemáticas e computacionais, foi utilizado também informações obtidas em trabalhos de campo, com a função da verificação das compatibilidades entre os modelos digitais e eletrônicos com as realidades observadas *in loco*, conferindo confiabilidade para a integração dos resultados obtidos, na forma de produtos cartográficos (cartas temáticas), gráficos e tabelas.

A escolha do recorte espacial definido para a realização deste trabalho, justifica-se pela dinâmica natural que o mesmo apresenta e pela importância que representa, como potencial turístico podendo trazer aos municípios da região desenvolvimento ecologicamente correto se respeitada as características ambientais da área. E também pela riqueza espeleológica, que é uma fonte inesgotável de pesquisas científicas e por demonstrar-se apto a realização de programas de Educação Ambiental.

Por todas estas características que lhe conferem significativas importâncias, é impresentável que tanto a administração pública quando a sociedade civil sejam orientados para a conservação e proteção de tão importante patrimônio natural.

No entanto cabe salientar que as geotecnologias devem ser utilizadas como suporte para o desenvolvimento de análises, diagnósticos e prognósticos ambientais, sendo extremamente deficiente quando não associado às atividades cuidadosas de campo, de onde é possível extrair um conjunto de informações reais da natureza, mesmos quando estas sejam convencionadas pela abstração humana, mas que no entanto representam a realidade momentânea da sociedade humana.

## 9. REFERÊNCIAS

AYOADE, J. O. – Introdução a climatologia para os trópicos. – 5º ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

BOWKER, D. E.; DAVIS, R. E.; MYRICK, D. L.; STACY, K; JONES, W. T. Spectral Reflectances of Natural Targets for Use in Remote Sensing Studies. Hampton (NASA REFERENCE PUBLICATION 1139) 1985.

BURROUGHT; P. A.; MCDONNELL; R. A. Principles of Geographical Information System. Oxford University Press. New York, 1986

CROSTA, A. P. Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto. Instituto de Geociências, departamento de Metalogênese e Geoquímica. edição revisada. São Paulo: 1992.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. – Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Paraná. Rio de Janeiro: EMPRABA – SNLCS/SUDESUL/IAPAR, 1984.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. – Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999.

GUERRA, A. T. – Novo dicionário geológico-geomorfológico. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Manual técnico da vegetação brasileira: série manuais técnicos em geociências. 1992. 92p. Rio de Janeiro, n.1, 1992.

LEITE, P.F.; KLEIN, R.M. Vegetação. In: Geografia do Brasil – Região Sul. Rio de Janeiro: IBGE. v.2, p.113-150, 419p. 1990.

LOCH C. & CORDINI J. – Topografia Contemporânea: Planimetria - Florianópolis: Ed. da UFSC, 1995.

MAACK, R. – Geografia Física do Estado do Paraná. – 2º ed. Rio de Janeiro: J. Olympio; Curitiba: Secretaria da Cultura e do Esporte do Governo do Estado do Paraná, 1981.

NOVO, E. M. L. M. Sensoriamento Remoto : Princípios e Aplicações. 2º edição. São Paulo: Editora Afiliada, 1995.

OLIVEIRA, L. M. – Guia de prevenção de acidentes geológicos urbanos. Curitiba: MINEROPAR, 1998.

ROCHA, C. H. B. Geoprocessamento: Tecnologia Transdisciplinar. Juiz de Fora, MG: Ed. do autor, 2000.

RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; HATSCHBACH, G. G. As Unidades Fitogeográficas do Estado do Paraná, Brasil. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, Departamento de Ciências Florestais, NP (Não publicado).

TEIXEIRA, W. – Decifrando a Terra. São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

VIEIRA, P. F.; WEBER, J. – Gestão de Recursos Renováveis e Desenvolvimento: Novos desafios para a pesquisa ambiental. – São Paulo: Cortez, 1997.

## **10. AGRADECIMENTOS**

Os autores da pesquisa agradecem pela atenção e colaboração das seguintes instituições:

- GEEP – Grupo de Estudos Espeleológicos do Paraná – Açungui;
- IAP – Instituto Ambiental do Paraná;
- SEMA – Secretaria de Estado do Meio Ambiente;
- UTP – Universidade Tuiuti do Paraná, Curso de Geografia, Laboratório de Geoprocessamento (LABGEO) e Núcleo de Pesquisas em Geografia Aplicada (NPGA).