

# MAPAS CONTÍNUOS: UMA APLICAÇÃO AO ESTUDO DA COBERTURA VEGETAL NATURAL NA APA MUNICIPAL DE CAMPINAS (SP)

*Continuous Maps: an Application to the Study of the Natural Vegetation Cover in the EPA of Campinas City, Southeastern Brazil*

**João Fasina Neto**  
**Lindon Fonseca Matias**

**Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP**

**Departamento de Geografia, Instituto de Geociências**

Caixa Postal: 6152 - CEP: 13083-970 - Campinas - São Paulo

joaoneto@ige.unicamp.br

lindon@ige.unicamp.br

## RESUMO

O objetivo deste artigo é demonstrar algumas possibilidades de aplicação de mapas contínuos à análise espacial da cobertura vegetal natural na APA (Área de Proteção Ambiental) do Município de Campinas (SP). Em ambiente SIG, submeteu-se o mapa coroplético da cobertura vegetal natural a diferentes técnicas de interpolação para produção de mapas contínuos na forma de superfícies estatísticas em escalas analíticas variadas. Nestas superfícies puderam ser verificadas as tendências ou diferenciações areais do conjunto de fragmentos e, assim, destacadas situações anômalas em relação à distribuição estatístico-espacial dos elementos mapeados. Construíram-se também cenários de regeneração/fragmentação, por classificação com variação no ajuste das classes de intervalo. Os resultados revelam que os fragmentos variam tanto em relação ao tamanho e frequência, quanto à distribuição espacial, apresentando-se, em sua maioria, em situação de isolamento e evidenciando a necessidade de se incluir nos programas de recomposição e monitoramento de áreas verdes os pequenos e médios fragmentos, que representam a maior parte dos remanescentes da APA, de modo a tornar possível sua integração aos grandes fragmentos e a manutenção dos ecossistemas.

**Palavras chave:** Mapas Contínuos, Análise Espacial, Cenários, Cobertura Vegetal Natural.

## ABSTRACT

The aim of this paper is to demonstrate some possibilities of application of continuous maps for spatial analysis of the natural vegetation cover in the EPA (Environmental Protection Area) of Campinas City, State of São Paulo, Brazil. In GIS environment, the choroplethic map of natural vegetation cover was undergone to different interpolation techniques to produce continuous maps by statistical surfaces in varied analytical scales. These surfaces allowed to verify trends or aerial differentiations of the set of fragments and thus to highlight anomalous situations in relation to the statistical and spatial distribution of elements mapped. Scenarios of regeneration/fragmentation were made by classification with variation of adjustment of the class interval. The results show that the fragments vary in terms of both size and frequency, its spatial distribution, presenting, mostly in isolation situation and highlighting the need to include in the programs of restoration and monitoring of green areas the small and medium sized fragments, which represent most of the remnants of the APA, in order to make possible their integration to large fragments and the maintenance of ecosystems.

**Keywords:** Continuous Maps, Spatial Analysis, Scenarios, Natural Vegetation Cover.

## 1. INTRODUÇÃO

A *Tabula hec regionis magni Brasilis*, ou *Terra Brasilis*, atribuída aos cartógrafos Lopo Homem, Pedro e Jorge Reinel, é a primeira carta econômica brasileira e representa o escambo do pau-brasil no século XVI. Esta cartografia faz parte do Atlas Miller,

de 1519, pertencente à Biblioteca Nacional da França e é considerada a primeira imagem do desmatamento no País (FARIA & ADONIAS, 2006).

Nos dias atuais, segundo dados do Instituto Florestal, no Estado de São Paulo restam apenas cerca de 4,3 milhões de hectares cobertos por cobertura vegetal natural, que representam 17,5% de sua área

total, predominando vastas áreas praticamente desprovidas desta vegetação remanescente, a qual se distribui de forma heterogênea, concentrando-se, principalmente, nas áreas de maior declividade na Serra do Mar e nas Unidades de Conservação - UCs (SÃO PAULO, 2009a).

Entre as diversas categorias de UCs, destacam-se as de Uso Sustentável: as Áreas de Proteção Ambiental (APAs), instituídas pela Lei Federal nº 6.902, de 27 de abril de 1981, com os objetivos de proteger a cobertura vegetal natural e reabilitar as áreas degradadas; proteger a fauna silvestre e seus locais de arribação; manter e melhorar a qualidade dos recursos hídricos, do solo e subsolo; assim como, promover a educação ambiental para a população e sua integração nas práticas conservacionistas (BRASIL, 1987).

A APA de Campinas, criada pela Lei Municipal nº 10.850/01, configura-se como o maior remanescente de área natural do município, dotado de um patrimônio ambiental rico e diferenciado; porém, vulnerável aos impactos decorrentes das atividades humanas, que se intensificaram a partir da década de 1940, concomitante ao início da fase industrial, quando se verificou a redução das áreas agrícolas e a expansão do perímetro urbano do município.

A fragmentação florestal é um reflexo dessas perturbações, as quais podem provocar alterações bióticas e abióticas nos ecossistemas, além de contribuir para o agravamento de alguns conflitos socioambientais, como as sucessivas enchentes ocorridas nas últimas décadas em decorrência do aumento de particulados sólidos nos recursos hídricos pela supressão da cobertura vegetal protetora do solo (FASINA NETO *et al.*, 2005).

Frente a esta problemática, o conhecimento da distribuição espacial dos remanescentes ou de sua localização relativa pelo território da APA torna-se imprescindível, para que se possam compreender as inter-relações existentes no conjunto de fragmentos, suas tendências e padrões locais; arremetendo, portanto, à necessidade de se realizar uma análise espacial das áreas fragmentadas.

A escolha de técnicas adequadas de análise e representação das distribuições geográficas depende, fundamentalmente, da natureza dos fenômenos a representar. Os mapas contínuos têm sido amplamente utilizados nos últimos séculos, sejam para representar variações altimétricas, como a perspectiva tridimensional da Itália criada por da Vinci em 1502; sejam para representar observações magnéticas e meteorológicas, tais como os mapas humboldtianos do século XIX.

Em estudos sobre a vegetação, Peter Haggett demonstrou grandes possibilidades para a análise geográfica convencional, fazendo uso da cartografia contínua na forma de superfícies estatísticas, as quais se referia como superfícies de densidade ou de tendência, úteis na identificação de regiões homogêneas: zonas contínuas que apresentam características semelhantes (HAGGETT, 1965).

Neste sentido e valendo-se da associação da estatística espacial com recursos da tecnologia de Sistema de Informação Geográfica - SIG, pretende-se neste artigo demonstrar algumas aplicações da cartografia contínua ao estudo da distribuição espacial da cobertura vegetal natural na APA de Campinas. Foram produzidas superfícies estatísticas em escalas analíticas variadas, geradas a partir de duas técnicas de interpolação (*Global Polynomial Interpolation* e *Ordinary Kriging*) e submetidos à classificação com variação no ajuste das classes de intervalo; o que permitiu identificar regiões anômalas em relação aos padrões locais dos fragmentos pela área de estudo, além de inferir possíveis cenários de regeneração e fragmentação da cobertura vegetal natural.

### 1.1 Modelagem ambiental, SIG e representação cartográfica

De acordo com Silva (2001, p. 39), “a percepção do ambiente entendido como um sistema é normalmente estruturada sob a forma de modelos” ou conjuntos organizados de dados aceitos como correspondentes às estruturas de objetos e atributos ambientais percebidos. Tais modelos podem ser expressos sob a forma de uma base de dados georreferenciados, ou de um Sistema de Informação Geográfica – SIG (SILVA, 2001).

Os atributos ambientais são representados, frequentemente, na forma discreta. Quando existe a necessidade de se conhecer a maneira como o fenômeno de interesse se comporta espacialmente, as técnicas de interpolação são alternativas que permitem estimar valores para locais não observados e, portanto, realizar análises e gerar modelos na forma contínua (OLIVER, 1996).

A análise por superfícies estatísticas é uma técnica matemática usada para separar dados cartográficos em componentes de natureza regional, a partir de variações locais específicas. Tendências regionais são computadas como superfícies polinomiais de ordens sucessivas, onde os valores residuais correspondem às flutuações locais; é a diferença aritmética entre os dados originais e a superfície de tendência. Os mapas residuais são muito úteis neste tipo de análise, pois facilitam na identificação de anomalias, ou acentuam os traços do fenômeno de interesse (GROHMANN, 2005).

A modelagem pode então ser compreendida como uma técnica de representação de fenômenos em estado complexo, personificados em algo mais simples, o tanto quanto necessário para que se evidenciem seus mais importantes atributos. Assim, pode-se dizer que a seletividade e a generalização são características relacionadas ao termo modelagem (FLOWERDEW, 1989).

Por esta via, passa-se a estudar a localização relativa (dinâmica) no espaço, ou seja, as relações de um objeto com seu entorno que, na Geografia, pode ser definida como situação. Enquanto a posição de um lugar

está estritamente determinada por suas coordenadas geográficas, a situação depende de sua posição em respeito a outros lugares similares ou complementares e, em consequência, nas diferentes redes que lhe asseguram as relações com estes. Contrariamente a posição (sítio), característica intrínseca e definitiva de um lugar, a situação varia ao longo do tempo e, em termos de acessibilidade, é relativa a outros lugares e pode ser qualificada de várias formas - central ou de periferia, de contato, de enclave, entre outras (ELISSALD & SAINT-JULIEN, 2004).

Grasland (2004) explica que a influência da proximidade espacial dos lugares sobre a intensidade das relações que podem constituir-se entre eles é entendida como interação espacial. A noção de interação espacial pode assinalar tanto a existência de relações causais no espaço (o que ocorre em um lugar exerce influência sobre outros lugares e varia em função de sua proximidade), como a existência de processos de difusão espacial (uma inovação que aparece em um lugar tem fortes possibilidades de propagar-se para lugares próximos, sendo que a proximidade é medida de modo contínuo ou hierárquico), e também a existência de formas de correlação espacial (lugares próximos se parecem mais que dois lugares distantes).

Percebe-se, portanto, que o emprego de técnicas cartográficas baseadas na transformação de representações coropléticas em representações contínuas pode ser de grande valia aos processos de planejamento e tomada de decisão, pois permitem realizar análises tanto dos componentes regionais (escalas superiores) quanto dos locais (escalas inferiores), facilitando a compreensão dos padrões espaciais do fenômeno estudado. Essa técnica, aplicada ao estudo da cobertura vegetal natural, contempla não somente os atributos individuais de cada fragmento, mas principalmente as inter-relações existentes no conjunto dos remanescentes, inerentes às suas dimensões, formas e localizações.

## 1.2. Área de estudo

A APA de Campinas localiza-se no estado de São Paulo, entre as coordenadas UTM (293.000 mE, 7.463.000 mN) e (314.000 mE, 7.485.000 mN), ocupando a porção nordeste do município, que corresponde a Macrozona 1. Com cerca de 223 km<sup>2</sup> de área, abrange todo o território do interflúvio dos rios Jaguari e Atibaia em Campinas (principais formadores do rio Piracicaba). Limita-se com os municípios de Jaguariúna, Pedreira, Morungaba, Itatiba e Valinhos. Foi criada pela Lei Municipal nº 10.850/01, que a subdivide em seis zonas: Z-AMB, Z-HIDRI-A, Z-HIDRI-J, Z-AGRO, Z-TUR e Z-URB, as quais possuem diretrizes e restrições ao uso e ocupação diferenciadas (Figura 1).

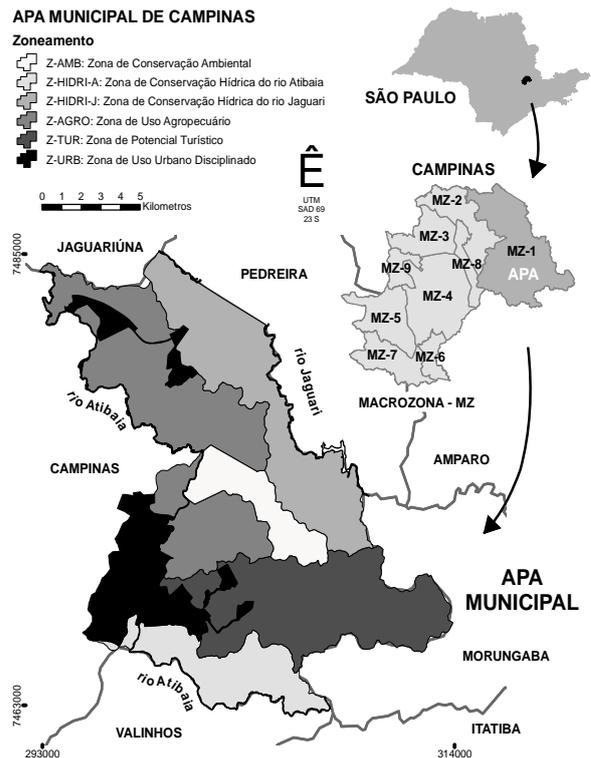


Fig 1: APA Municipal - Localização, limites e zoneamento

Num município situado na faixa de contato entre duas Províncias Geomorfológicas - do Planalto Atlântico e da Depressão Periférica - a APA corresponde à porção onde há o predomínio dos relevos com maior dissecação vertical da primeira. O substrato rochoso da APA é constituído basicamente por terrenos cristalinos pré-cambrianos, do Proterozóico Médio e Superior, onde nota-se a presença representativa de falhas comprovadas, fotolineamentos e alguns diques de pórfiros, além de uma faixa entre as zonas de cisalhamento Campinas e Valinhos (SÃO PAULO, 2009b).

Há o predomínio de rochas cristalinas intemperizadas e fraturadas, as quais apresentam, por um lado, porosidade e permeabilidade secundária, porém de relevante contribuição ao sistema aquífero e, por outro, considerável vulnerabilidade a contaminações de origem antrópica, devido ao fato de que neles, em geral, a zona vadosa é pouco profunda, permitindo que o sistema de discontinuidades - falhas, juntas, fraturas - sejam rapidamente atingidas (SINGHAL & GUPTA, 1999).

Possui características tanto urbanas quanto rurais, constituindo um mosaico heterogêneo de manchas urbanas, pastagens, culturas anuais e perenes, silviculturas e remanescentes de cobertura vegetal natural (MIRANDA, 2002). Segundo Santin (1999) é a região de Campinas onde a cobertura vegetal primitiva está mais bem representada, com fragmentos descontínuos, mas em estado de conservação, ou condições, que ainda permitem a sua recuperação. Isto é evidenciado na Figura 2, onde estão apresentados o

mapa de cobertura vegetal natural de Campinas, e sua interpretação contínua em forma de superfície de tendência ou de densidade.

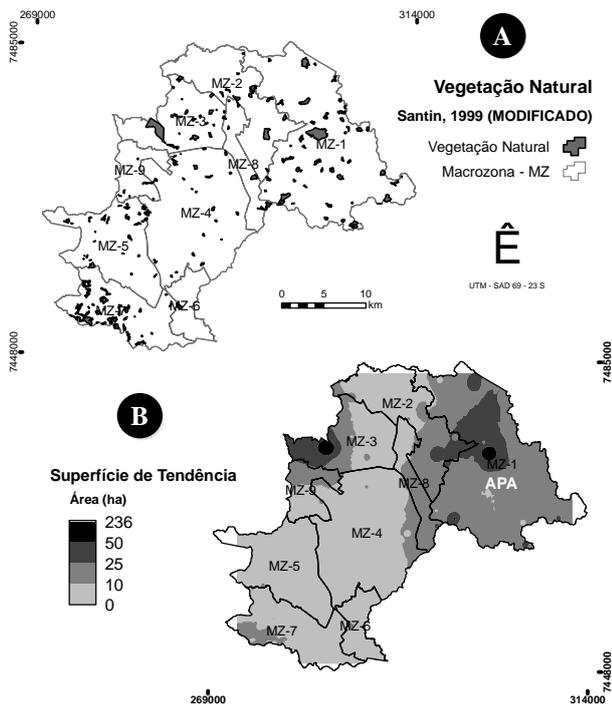


Fig 2: Mapa de cobertura vegetal natural de Campinas (A); Representação contínua - superfície de tendência (B)

A cobertura vegetal natural desta região classifica-se como Vegetação Secundária sob domínio de Floresta Estacional Semidecidual, apresentando variações em áreas próximas aos corpos d'água (floresta higrófila, de brejo, vegetação ripária, de galeria, mata ciliar etc.) e vegetação herbáceo-arbustiva (campos de várzea), assim como vegetação rupestre nos lajedos rochosos (SANTIN, 1999).

Nem todos os fragmentos da APA representam remanescentes de vegetação original, ou de floresta contínua, e sim de áreas exploradas, manejadas ou florestas secundárias em diversos estádios de regeneração. Alguns fragmentos, por exemplo, estabeleceram-se em áreas de pastagens, outros em talhões de eucaliptos abandonados. Estes fragmentos apresentam grande variabilidade quanto as suas características abióticas e bióticas, existindo variações de solo, relevo, hidrografia, tamanho e também quanto à frequência e intensidade de fatores de perturbação (SANTOS, 2003). A estes Mattos (1996) referiu-se como Matas Mistas, sendo compostas por associações de Floresta Estacional Semidecidual com silviculturas, pomares e espécies ornamentais.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1. Mapeamento temático por fotointerpretação

O passo inicial foi a construção de uma base de dados georreferenciados a partir de levantamentos de

dados cartográficos (fotos aéreas e imagens orbitais digitais, mapas, bases digitais) e bibliográficos (legislação ambiental). Procedeu-se a montagem do mosaico digital por meio da organização sistemática de 42 fotos aéreas digitais (escala 1:5.000), referentes ao sobrevôo de 2003 (CAMPINAS, 2005), resultando em uma vista geral da área estudada (Figura 3), sendo necessário em algumas áreas descobertas o uso de imagens complementares, sendo: (1) duas fotos aéreas digitais (escala 1:5.000), referentes ao sobrevôo de 2001 (CAMPINAS, 2005); (2) mosaico de 35 imagens datadas de 2006, disponíveis na Internet (GOOGLE, 2006); (3) mosaico constituído de 40 imagens de 2006 (GOOGLE, 2006); e (4) composição de 11 imagens de 2006 (GOOGLE, 2006), utilizadas para atualizar informações sobre o uso da terra. Tais procedimentos foram realizados utilizando os programas *Google Earth 4.0.1693* e *AutoCAD 2005*.

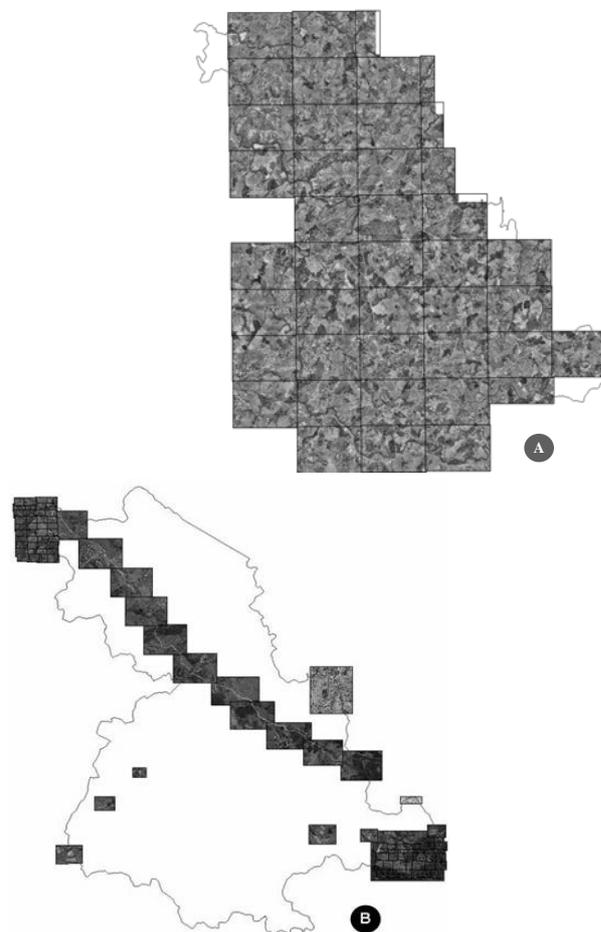


Fig. 3: Mosaico de fotos digitais referentes ao sobrevôo de 2003 (A); e Mosaicos de imagens capturadas em 2006 (B).  
Fontes: Campinas, 2005 (Modificado) e Google, 2006.

Para expressar as características dos objetos fotointerpretados baseou-se em chaves de classificação propostas por Marchetti & Garcia (1986), que foram construídas em função dos elementos de reconhecimento - cor, textura, padrão, forma, tamanho,

relação com aspectos associados e limites - sendo preparadas para cada caso em particular. Realizou-se primeiramente, no programa *AutoCAD*, a sobreposição e ajuste do mosaico às cartas digitais de hipsometria e hidrografia (CAMPINAS, 2005), o que auxiliou na identificação visual em tela de computador e mapeamento dos revestimentos naturais da superfície da APA. Estes dados foram exportados para o programa *ArcGIS 9.2*, onde foram organizados no mapa da cobertura vegetal natural, sendo realizadas visitas a campo para confirmação dos dados.

## 2.2 Procedimentos analíticos

No *ArcGIS 9.2*, usando os recursos de geoestatística, iniciaram-se os procedimentos analíticos com a plotagem de superfícies estatísticas e um diagrama de frequência acumulada (Figura 4), para auxiliar na verificação das possíveis classificações, de acordo com a área e distribuição das amostras.

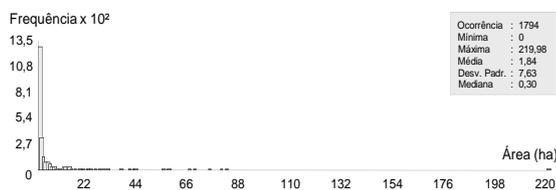


Fig. 4: Diagrama de Frequência Acumulada

O mapa de cobertura vegetal natural foi submetido à técnicas de interpolação, passando da representação coroplética para a contínua, sendo testados interpoladores diversos com variações nos componentes de escala e classes de intervalo.

Visando encontrar as melhores representações da distribuição estatística e espacial dos fragmentos, foram elaboradas três hipóteses de ajuste de classes de intervalo, sendo construídas a partir da interpretação do diagrama de frequência acumulada e expressas em mapas contínuos (superfícies estatísticas) e nos dados contidos nas Tabelas 2, 3 e 4.

As técnicas pelas quais foram geradas as melhores representações são: (i) *GPI - Global Polynomial Interpolation*, sendo plotadas cinco superfícies polinomiais em ordens sucessivas, que possibilitaram, numa escala de análise mais generalizada, estudar os aspectos regionais; e (ii) krigagem (*Ordinary Kriging*), na qual aplicou-se ajustes de classes de intervalo compatíveis à escala de análise local, permitindo detectar anomalias ou desvios locais nos padrões regionais, ou seja, a diferença gerada no processo de interpolação e conseqüente generalização da superfície estatística e os dados originais - são os erros residuais.

Foi construída também, no programa de estatística *OriginPro 8*, uma representação tridimensional, por meio da plotagem de um gráfico 3D composto a uma superfície estatística, auxiliando na visualização dos picos anômalos e detecção de setores

especiais. Em seguida realizou-se a sobreposição topológica entre as superfícies geradas e o mapa de zoneamento da APA, com a intenção de, primeiramente, correlacionar a distribuição estatístico-espacial do conjunto de fragmentos nas diversas zonas de planejamento e, posteriormente, projetar possíveis cenários em relação ao acréscimo/decrécimo de vegetação na Zona de Conservação Ambiental - Z-AMB.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O inventário da cobertura vegetal natural remanescente na APA pode ser visualizado na Figura 5. Foram mapeados 1.794 fragmentos, totalizando 3.298,65 ha (14,77% do território da APA), sendo 65 compostos de FES - 1.558,15 ha; 1.530 de Mata Mista - 1.644,82 ha; e 199 de Campo de Várzea - 95,72 ha, conforme relacionado na Tabela 1.

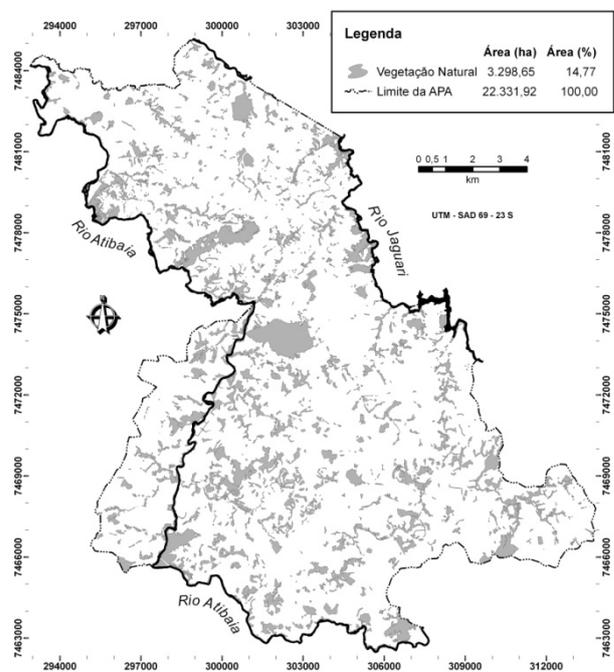


Fig. 5: Mapa de Cobertura Vegetal Natural

TABELA 1: CLASSES DE COBERTURA VEGETAL NATURAL

CLASSE	OCORRÊNCIA	ÁREA (ha)	ÁREA (%)
FES	65	1.558,15	47,24
Mata Mista	1530	1.644,82	49,86
Campo de Várzea	199	95,72	2,90
<b>TOTAL</b>	<b>1.794</b>	<b>3.298,65</b>	<b>100,00</b>

Do total de fragmentos, 1.512 (84,28%) possuem área inferior à média (1,84 ha), e 893 fragmentos (49,78%) possuem área inferior à mediana - 0,3 ha. O maior fragmento identificado possui área de 219,98 ha (6,67%) e o menor remanescente possui área inferior a 0,01 ha, apresentando um desvio padrão de

7,63 ha; o que revela uma elevada dispersão entre os dados amostrais e sua média.

A primeira hipótese de classificação foi aplicada às superfícies geradas pelo método *GPI* (*Global Polynomial Interpolation*) e balizou-se entre os ajustes automáticos *quantile* e *smart quantile*, sendo interpoladas cinco superfícies regionais em ordens sucessivas, a partir da diferenciação areal dos fragmentos de cobertura vegetal natural, conforme apresentado na Figura 6.

Nas superfícies linear e cúbica (1ª e 3ª ordens) são observadas tendências mais generalizadas, apresentando um suave descaimento - de sudoeste para nordeste - nos padrões dos objetos estudados. Já nas superfícies de ordens superiores (4ª, 7ª e 10ª), começam a se revelar algumas flutuações locais, ou porções que apresentam valores acima ou abaixo da área média do conjunto dos fragmentos, destacando-se as seguintes regiões homogêneas: em branco e cinza claro, as que possuem baixas densidades de vegetação; cinza escuro e preto com as maiores densidades; e em cinza médio na faixa intermediária.

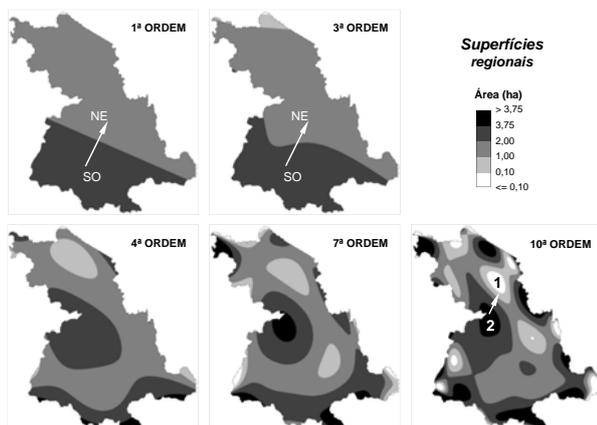


Fig. 6: Mapas contínuos em escala regional: interpolações em ordens sucessivas

TABELA 2: CLASSES DE INTERVALO EM ESCALA REGIONAL

CLASSE (ha)	OCORRÊNCIA	ÁREA (ha)	ÁREA (%)
Até 0,10	460	24,87	0,88
0,10 —  1,00	906	347,37	10,42
1,00 —  2,00	165	237,83	7,22
2,00 —  3,75	88	245,24	7,42
Acima de 3,75	175	2.443,35	74,06
<b>TOTAL</b>	<b>1.794</b>	<b>3.298,66</b>	<b>100,00</b>

Estas superfícies em escalas superiores, segundo Haggett (1965), permitem análises acerca de processos regionais duradouros e de transformação mais lenta, mas que se mantêm vinculados aos processos mais dinâmicos e localizados. Por esta ótica multi-escalar, o estudo da vegetação passa a focar não somente os atributos individuais de cada fragmento, mas principalmente as inter-relações existentes no conjunto dos remanescentes, inerentes as suas dimensões, formas

e localizações. É a chamada Análise Locacional (HAGGETT, 1965), que permite o estudo da localização relativa no espaço, ou situação tal como definida por Elissald & Saint-Julien (2004).

Um exemplo dessas inter-relações pode ser tomado a partir da superfície *GPI* de 10ª ordem (Figura 6). Nesta superfície podem ser verificadas duas regiões especiais: a região “1”, que assume a maior concentração dos menores valores de área média ( $\leq 0,10$  ha); e a “2” com os valores mais altos ( $> 3,75$  ha). São dois sistemas distintos, porém, devido situarem-se próximos, exercem intensas relações entre si, entendidas por Grasland (2004) como interação espacial, a qual é evidenciada pela queda brusca nos padrões mais localizados, da região “2” para a “1”, ou seja, de sudoeste para nordeste - mesmo sentido observado nas superfícies regionais, de 1ª e 3ª ordens, para toda a APA. Isto pode indicar, portanto, a coexistência de processos de difusão espacial, ou de relações causais no espaço em nível transescalar, como a influência/ação dos processos locais na dinâmica dos fenômenos regionais e a resposta/reação destes àqueles pontuais.

Na Figura 7, a superfície *GPI* de 10ª ordem, agora apresentada de forma mais suavizada, foi sobreposta ao mapa de zoneamento da APA. Esta técnica possibilita a análise simultânea de representações contínuas e discretas, permitindo visualizar a gradiente de densidade de vegetação em contraposição aos limites abruptos das zonas de planejamento: destacam-se as áreas claras que representam prováveis vetores de fragilidade da cobertura vegetal natural.

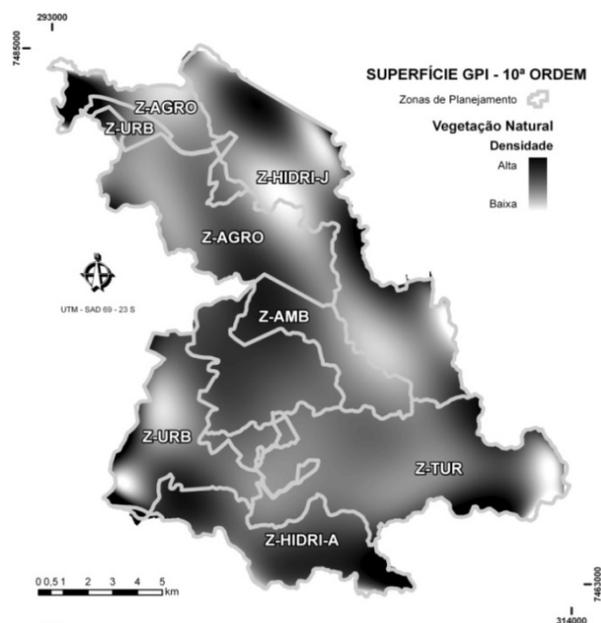


Fig. 7: Sobreposição da Superfície *GPI* - 10ª Ordem ao mapa de zoneamento da APA

Utilizando a técnica de krigagem, encontrou-se uma superfície com ênfase às tendências locais, na qual se aplicou a segunda hipótese de classificação (Tabela

3) que consiste do refinamento do ajuste automático *quantile*, visando obter uma distribuição regular das amostras em relação às áreas dos intervalos, portanto com maior correspondência à complexidade dos dados originais (ROBINSON, 1960). Isto possibilitou visualizar cinco classes bem definidas em relação à distribuição estatístico-espacial dos objetos amostrados, conforme apresentado na Figura 8.

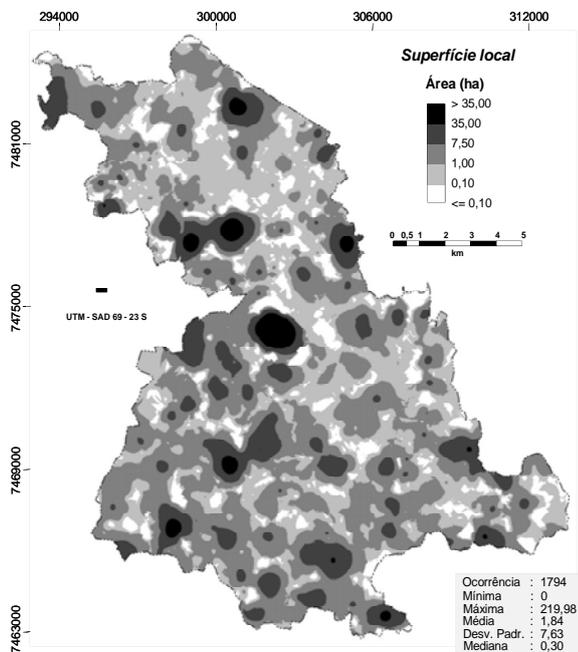


Fig. 8: Superfície em escala local - regiões homogenias com maior correspondência à complexidade dos dados originais

TABELA 3: CLASSES DE INTERVALO EM ESCALA LOCAL

CLASSES (ha)	OCORRÊNCIA	ÁREA (ha)	ÁREA (%)
Até 0,10	460	24,87	0,88
0,10 —  1,00	906	347,37	10,42
1,00 —  7,50	334	906,20	27,44
7,50 —  35,00	81	1.126,58	34,17
Acima de 35,00	13	893,64	27,09
<b>TOTAL</b>	<b>1.794</b>	<b>3.298,66</b>	<b>100,00</b>

Assim, as regiões em branco abarcam áreas com densidades mínimas ou, até mesmo, nulas; os fragmentos que possuem áreas em torno da mediana distribuem-se na zona da interface entre a região branca e a cinza claro; aqueles que oscilam na média ocupam, por sua vez, a zona de transição da região cinza claro para a cinza médio; os fragmentos com área acima da média e até 7,50 ha localizam-se na região em cinza médio; os acima de 7,50 ha e com teto em 35 ha localizam-se na cinza escuro; acima deste valor, em preto, verifica-se somente treze regiões que se encontram envolvidas pelos maiores fragmentos.

A terceira e última hipótese de classificação (Tabela 4) partiu do refinamento do ajuste *standart deviation*, sendo aplicada sobre a superfície local, de

modo a evidenciar as flutuações ou anomalias extremas: zonas de desvios máximos em relação aos padrões locacionais, que ocorrem associadas às descontinuidades abruptas na configuração dos remanescentes (GATRELL, 1983; FRANÇOIS, 2004; PUMAIN, 2004). São os erros residuais que, por um lado, assumem os maiores valores localizados no interior das grandes matas; e por outro, valores negativos que correspondem a entraves ou barreiras entre os fragmentos: áreas desprovidas de vegetação e com maior vulnerabilidade à escassez.

Na Figura 9 é apresentada a composição da superfície local resultante ao mapa da cobertura vegetal natural, expondo a situação dos fragmentos em relação às regiões de densidade, que por sua vez refletem o grau de fragmentação da cobertura vegetal natural.

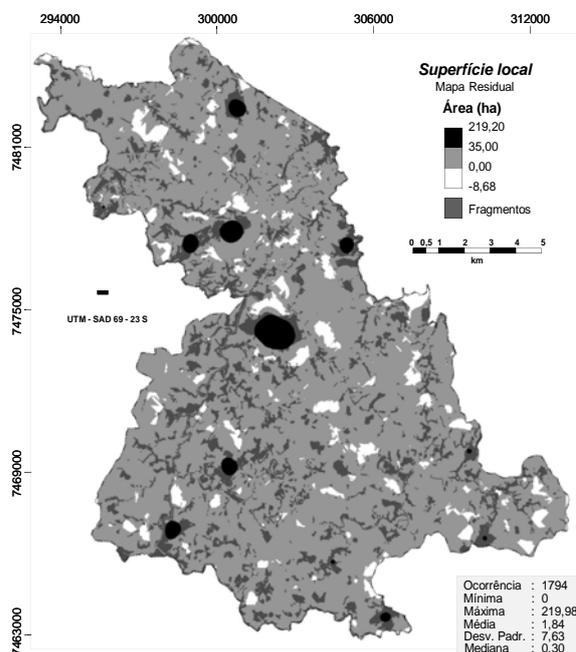


Fig. 9: Sobreposição do mapa residual ao mapa da cobertura vegetal natural - situação dos fragmentos em relação à superfície estatística

TABELA 4: CLASSES DE INTERVALO EM ESCALA LOCAL

CLASSE (ha)	OCORRÊNCIA	ÁREA (ha)	ÁREA (%)
-8,68 —  0,00	00	0,00	0,00
0,00 —  35,00	1781	2.405,02	72,92
35,00 —  219,20	13	893,64	27,08
<b>TOTAL</b>	<b>1.794</b>	<b>3.298,66</b>	<b>100,00</b>

Em níveis escalares ainda menores é possível inferir cenários que representam fenômenos relacionados à resiliência da vegetação enquanto organismo integrado, mesmo que fragmentado, dependentes, portanto, da distribuição areal e dos processos de interação espacial dos fragmentos entre si (fluxos gênicos) e em sua interface com o entorno (efeitos de borda), condicionando o avanço ou o recuo

da vegetação em relação à paisagem antropizada. Na visualização tridimensional proporcionada pela composição Superfície/Gráfico 3D (Figura 10), destaca-se o grande pico na porção central, gerado pela presença e condição relativa de isolamento do maior dos fragmentos, a Mata Ribeirão Cachoeira, na Zona de Conservação Ambiental (Z-AMB).

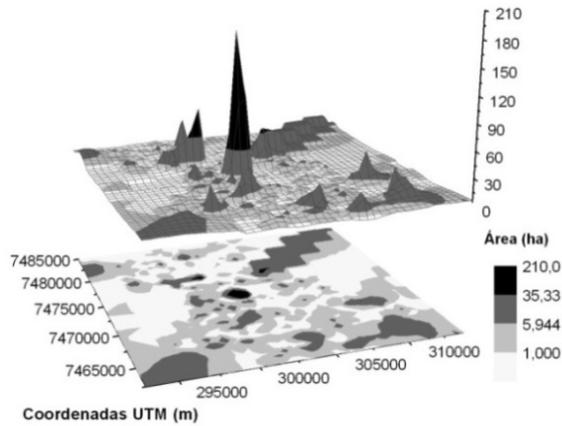


Fig. 10: Composição Superfície/Gráfico 3D: pico isolado na porção central

Na Figura 11, focalizando o recorte Z-AMB, apresentam-se possíveis cenários da vegetação, gerados a partir da técnica de classificação com variação no ajuste das classes de intervalo.

Admitindo-se que as maiores densidades estão representadas em negro e cinza escuro, e as menores em branco e cinza claro, os ajustes otimistas (Figura 11-A e B), nos quais um número maior de amostras são enquadradas nas classes em tons mais escuros, e um número menor de amostras nas classes em tons mais claros, transmitem a impressão de regeneração e interligação física dos fragmentos (avanço). Já em ajustes pessimistas (Figura 11-D e E), onde as classes em tons mais escuros abarcam menos amostras e as em tons mais claros, mais amostras, percebe-se a desintegração/fragmentação dos remanescentes (recoo).

Em termos de planejamento e ações de recuperação ambiental, estes cenários podem ser interpretados a partir de uma leitura crítica da técnica de classificação. Assim, ao incluir mais fragmentos ou amostras nas classes mais escuras, associadas às maiores densidades, são gerados cenários que demonstram as tendências de regeneração da vegetação e para que se tornem reais, há que se investir na recuperação e preservação destes fragmentos classificados em tons escuros, com ênfase àqueles com áreas de, no mínimo, 2 ha (Figura 11-A) e 0,5 ha (Figura 11-B).

Porém, classificando em tons mais claros a maioria dos fragmentos, assistem-se tendências de fragmentação da vegetação, pois são desprezados os fragmentos menores, limitando as áreas em 5 ha (Figura 11-C) e em 100 ha (Figura 11-D), sendo valorizados apenas os grandes e médios fragmentos.

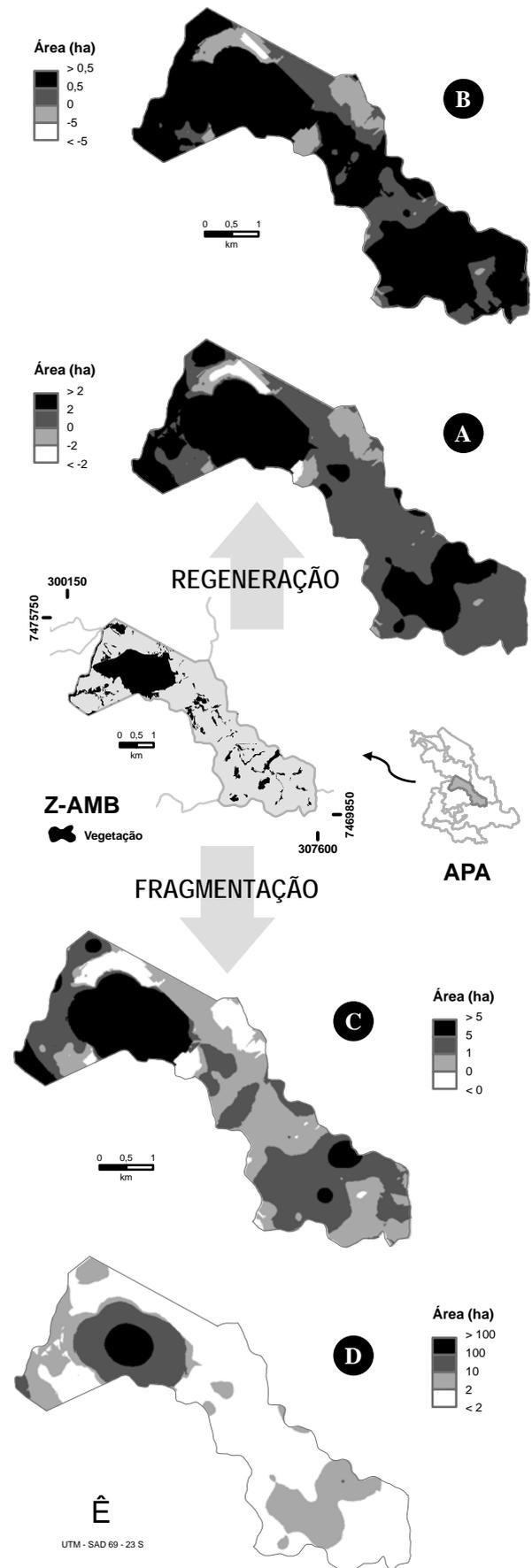


Fig. 11: Zona de Conservação Ambiental - Z-AMB: visualização de cenários por variações nas classes de intervalo

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo mostrou que, apesar de se tratar de uma Área Protegida de suma importância, onde remanesce a maioria dos fragmentos de cobertura vegetal natural do município, a APA de Campinas possui apenas 14,78% de seu território cobertos por esta vegetação, inferiormente aos 17,5%, que representam a área relativa dos remanescentes de todo o estado de São Paulo.

Nas superfícies estatísticas em escala superior, puderam ser observadas as tendências regionais em relação aos padrões locais do conjunto de fragmentos, ou a configuração espacial destes elementos. De maneira geral, em todo território verificam-se relações conflituosas: grandes variações e quebras bruscas nos padrões de valores de área; com exceção do setor centro-sul, que apresenta uma diferenciação areal mais suave nos fragmentos ali ocorrentes. Pode-se inferir, então, que os remanescentes variam menos em tamanho, formato e ocorrência no setor centro-sul do que na APA como um todo. Neste nível de medição, por ter como foco processos de abrangência regional de transformação mais lenta, que ocorrem em interação com outros elementos e subsistemas, é possível extrair informações úteis à orientação e articulação de programas e políticas de gestão aplicáveis em longo prazo e de modo continuado, tais como: educação e capacitação ambiental, pesquisa científica, recuperação de biomas e requalificação urbana, fiscalização e monitoramento continuado.

Estes tipos de diretrizes devem se apoiar nas restrições e propostas específicas para cada zona de planejamento preconizadas na Lei da APA (Lei 10.850/01), e cabem, portanto, a mitigação dos vetores de fragilidade da vegetação conforme apresentado na Figura 7. Para tanto, recomenda-se a articulação entre o poder público, proprietários rurais, instituições público-privadas e demais seguimentos da sociedade para a gestão de ações integradas, que envolvam a recomposição de APPs e Reservas Legais, a regulamentação da Lei da APA, com a produção e aplicação de um Plano de Manejo, desenvolvimento de atividades rurais sustentáveis, e envolvimento da comunidade local, com atividades de educação ambiental e capacitação profissional.

As superfícies em escalas analíticas inferiores ou locais mostram-se eficientes na localização precisa das regiões anômalas, evidenciando a grande variação dos fragmentos tanto em relação ao tamanho e frequência, quanto à distribuição espacial. Estas superfícies revelaram inúmeras regiões em estado insatisfatório, com áreas médias muito baixas, fragmentos isolados e algumas porções apresentando indícios de escassez. Estas superfícies são apropriadas, portanto, para subsidiar ações estruturais e/ou não-estruturais em nível local, que não demandam maiores articulações entre todas as partes e aplicáveis em curto e médio prazo. Nestas se enquadram estudos mais aprofundados e específicos (uso da terra, topografia,

água, solo, geologia, florística) e intervenções para demarcação, recuperação de áreas degradadas, revegetação e enriquecimento de matas secundárias.

Finalmente, propuseram-se alguns cenários hipotéticos a demonstrar aspectos sobre a potencialidade/fragilidade da vegetação em relação ao meio, e a representar possíveis situações de regeneração/fragmentação. A contribuição principal desta análise prognóstica está em sua interpretação crítica, pela qual é evidenciada a necessidade de se incluir nos projetos de recomposição e monitoramento de áreas verdes os pequenos e médios fragmentos, que representam a maioria dos remanescentes, de modo a tornar possível a integração dos grandes fragmentos e a manutenção da diversidade de ecossistemas.

Em suma, considera-se que o uso de mapas contínuos, apoiado nos recursos geotecnológicos disponíveis na atualidade, representa grandes incrementos à análise e representação espacial e podem contribuir para a construção de um conhecimento crítico sobre a configuração dos elementos geográficos, propiciando a identificação de soluções alternativas de gestão territorial para a introdução de medidas de recuperação e conservação.

#### REFERÊNCIAS

BRASIL. Casa Civil – Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei Federal nº 6.902, de 27 de abril de 1981.** Brasília. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L6902.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6902.htm)> Acesso: 21 ago 2006.

BRASIL. Ministério de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. Secretaria Especial do Meio Ambiente. **Áreas de Proteção Ambiental: abordagem histórica e técnica.** Brasília: SEMA - SEC - Coordenadoria de Áreas de Proteção Ambiental, 1987. 45p.

CAMPINAS. Diário Oficial do Município de Campinas. Atos do Poder Público. **Lei nº 10.850 de 07 de Junho de 2001.** Campinas, São Paulo, 2001.

CAMPINAS. Prefeitura Municipal de Campinas. Secretaria de Planejamento, Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. Departamento de Planejamento, Campinas, São Paulo, 2005.

ELISSALD, B. & SAINT-JULIEN, T. **Situación.** Análisis Espacial: Conceptos. Hypergé - encyclopédie électronique - GDR - Libergéo. Disponível em: <<http://www.hypergeo.eu/spip.php?article191>> Acesso: 04 out 2004.

FARIA, M.D.; ADONIAS, I. **A Representação Cartográfica no Brasil Colonial na Coleção da Biblioteca Nacional.** Disponível em: <[http://consorcio.bn.br/cartografia/cart\\_colonial.html](http://consorcio.bn.br/cartografia/cart_colonial.html)> Acesso: 20 jun 2006.

- FASINA NETO, J.; SANTOS, R.F.; ZUFFO, A.C. & TEIXEIRA FILHO, J. Construção de cenário como auxílio ao planejamento ambiental: o caso das enchentes na APA Municipal de Campinas (SP). In: XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2005. João Pessoa. São Paulo: Unius Multimídia Ltda, 2005.
- FLOWERDEW, R. Some Critical Views of Modelling in Geography. In: MACMILLAN, B. (Ed.) **Remodelling Geography**. Basil Blackwell, Oxford, 1989.
- FRANÇOIS, J.C. **Discontinuidad**. Análisis Espacial: Conceptos. Hypergeo - encyclopédie électronique - GDR - Libergéo. Disponível em: <<http://www.hypergeo.eu/spip.php?article137>> Acesso: 04 out 2004.
- GATRELL, A.C. **Distance and Space: a geographical perspective**. Claredon Press, Oxford, 1983. pp. 1-7.
- GOOGLE. Google Earth. **A 3D interface to the planet**, 2006. Disponível em: <<http://earth.google.com/tour/thanks-win4.html>> Acesso: 30 out 2006.
- GRASLAND, C. **Interacción Espacial**. Análisis Espacial: Conceptos. Hypergeo - encyclopédie électronique - GDR - Libergéo. Disponível em: <<http://www.hypergeo.eu/spip.php?article192>> Acesso: 04 out 2004.
- GROHMANN, C.H. Trend-surface analysis of morphometric parameters: a case study in southeastern Brazil. **Computers & Geosciences** v. 31, i. 8, pp. 1007-1014, Oct. 2005.
- HAGGETT, P. **Locational Analysis in Human Geography**. Edward Arnold. London, 1965. pp. 9-15 e 269-276.
- LEITÃO FILHO, H.F. A vegetação: A vegetação da Reserva de Santa Genebra. In: MORELLATO, P.C.; LEITÃO FILHO, H.F. (orgs.). **Ecologia e preservação de uma floresta tropical urbana: Reserva de Santa Genebra**. Campinas, SP: Editora da UNICAMP, 1995. 136p.
- MARCHETTI, D.A.B. & GARCIA, G.J. **Princípios de Fotogrametria e Fotointerpretação**. 1 ed. São Paulo: Nobel, 1986. 264p.
- MATTOS, C.O. **Contribuição ao Planejamento e Gestão da Área de Proteção Ambiental de Sosas e Joaquim Egidio, Campinas/SP**. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Instituto de Biociências, São Paulo, 1996.
- MIRANDA, Z.A.I. **A incorporação de áreas rurais às cidades: um estudo de caso sobre Campinas, SP**. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Economia. Campinas, 2002.
- OLIVER, M.A. Geostatistics, rare disease and the environment. In: FISCHER, M.; SCHOLTEN, H.J. & UNWIN, D. **Spatial Analytical Perspectives on GIS**. Taylor & Francis Ltd, London, 1996. GISDATA IV. 256p.
- PUMAIN, D. **Configuración y Distancia**. Análisis Espacial: Conceptos. Hypergeo - encyclopédie électronique - GDR - Libergéo. Disponível em: <<http://www.hypergeo.eu/spip.php?article178>>, <<http://www.hypergeo.eu/spip.php?article162>> Acesso: 04 out 2004
- ROBINSON, A.H. **Elements of cartography**. New York, 1960.
- SANTIN, D.A. **A vegetação remanescente do município de Campinas (SP): mapeamento, caracterização fisionômica e florística, visando à conservação**. Tese (Doutorado), Instituto de Biologia, UNICAMP, Campinas, 1999.
- SANTOS, K. **Caracterização florística de onze fragmentos de mata estacional semidecidual da Área de Proteção Ambiental do Município de Campinas – SP**. Tese (Doutorado), Instituto de Biologia, UNICAMP, Campinas, SP, 2003. 218p.
- SÃO PAULO (Estado). Instituto Geológico. **Projeto: publicação em mídia eletrônica das cartas geológicas executadas pelo Instituto Geológico (SMA/SP) para subsidiar a ocupação e uso do meio físico na região entre Sorocaba e Campinas: Subsídios do Meio físico-geológico ao planejamento do Município de Campinas (SP)**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009b.
- SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. Instituto Florestal. **Inventário Florestal da Vegetação Nativa do Estado de São Paulo**. São Paulo, 2009a. Disponível em: <<http://www.iflorestal.sp.gov.br/imagindex/mapinventario.pdf>> Acesso: 30 abril 2010.
- SILVA, J.X. **Geoprocessamento para análise ambiental**. Rio de Janeiro, RJ: D5 Produção Gráfica, 2001. 228p.
- SINGHAL, B.B.S. & GUPTA, R.P. **Applied Hydrology of Fractured Rocks**. London: Kluwer Academic Publishers, 1999. 400p.