

**SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO NO ESTUDO DE EXPANSÕES URBANAS E
CONURBAÇÕES INDUZIDAS POR NOVAS LIGAÇÕES RODOVIÁRIAS - UM
ESTUDO DE CASO (BR 101/ SC - TRECHO BIGUAÇU-PALHOÇA)**

RUTSNEI SCHMITZ¹

Rua dos Antúrios, 23
Florianópolis - SC

CARLOS LOCH²

Rua Lídio T. Pires, 70
Florianópolis - SC

¹Professor Titular do Departamento de Expressão Gráfica da Universidade Federal de Santa Catarina, Mestre em Engenharia.

²Professor Titular do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, Doutor em Engenharia.

RESUMO

O presente trabalho, apresenta uma síntese da dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação de Engenharia de Produção e Sistemas, para obtenção do Grau de Mestre.

Esta dissertação está baseada em uma metodologia que utiliza fotografias aéreas e imagens orbitais tipo SPOT HRV, de diferentes períodos, para avaliar através do monitoramento, as tendências das expansões urbanas observadas e as conurbações formadas na Área de Estudo, ao longo da BR 101/SC. O período analisado está compreendido entre os anos de 1957 e 1990.

A metodologia desenvolvida a partir de técnicas de Sensoriamento Remoto, visa basicamente analisar as expansões e os mecanismos de articulação criados entre os três municípios da Área de Estudos, apoiando-se no sistema viário, destacando-se a influência da nova ligação rodoviária que ajudou a moldar de forma aleatória a atual conurbação, identificando e analisando os problemas hoje existentes, que são consequências diretas da falta de um planejamento integrado e do crescimento espontâneo, característica própria de cidades não planejadas.

ABSTRACT

The present work displays a synthesis of the Master's dissertation submitted to the Graduate Program in Industrial and Systems Engineering, as part of the requirements for the Master's Degree.

This dissertation is based on a methodology that uses aerial photographs and orbital images of the SPOT HRV kind, from different periods, in order to evaluate, through monitoring, the urban expansion tendencies observed and the urban encounters formed in the area under study, along BR 101/SC. The period analysed comprises the years from 1957 to 1990.

The methodology, developed from Remote Sensing techniques, intends basically to analyse the expansions and the articulation mechanisms developed among the three cities in the area under study, relying on the road system, emphasizing the influence of the new road connection that helped to shape, in an aleatory way, the present urban encounters, identifying and analysing the problems that exist today. Those problems are directly derived from the lack of an integrated planning and from the natural growth, a typical characteristic of non-planned cities.

1 - INTRODUÇÃO

No Brasil, as metodologias existentes utilizando Sensoriamento Remoto, seja para planejar ou projetar, são ainda baseadas em sua maioria em fotografias aéreas.

No entanto, metodologias que associam a utilização de fotografias aéreas e produtos orbitais, estão sendo empregadas cada vez mais, explorando as diferentes potencialidades oferecidas por estes produtos. Destacam-se a repetitividade e o baixo custo oferecidos pelas imagens de satélites, e a melhor resolução espacial fornecida pelas fotografias aéreas.

Paralelamente a expansão das áreas urbanas, em consequência do aumento populacional, uma das necessidades que se reflete diretamente é a melhoria e/ou ampliação do sistema viário existente, considerando-se o esgotamento da capacidade prevista, ou por se esgotar, pois este sistema é que permite o fluxo de pessoas ou cargas de um lugar para outro.

Para planejar e indicar necessidades de melhorias como a expansão do sistema viário existente, é necessário conhecer a intensidade, a dinâmica e as tendências desta expansão. Estes três fatores estão ligados diretamente ao movimento de pessoas sobre a malha viária, e vão definir as necessidades e as características operacionais de cada arco da rede baseadas em estudos de demanda.

No caso da BR 101/SC, onde a mesma teria como função exclusiva atender o tráfego de longa distância, o que se observa é uma situação conflitante com a existência de todos os tipos de movimentos. Esta situação é refletida através da redução da capacidade da via e do número crescente de acidentes.

Como constatado, a BR 101/SC e sua proximidade da Capital Administrativa do Estado foi, e ainda continua sendo, o principal elemento gerador da conurbação. O crescimento urbano da Área de Estudos é espontâneo, e as formas de ocupações marginais ao longo da rodovia são as mais diversas possíveis, e um uso do solo bastante aleatório.

A partir do conhecimento das potencialidades das técnicas de Sensoriamento Remoto e os problemas detectados, é que foi desenvolvida a presente metodologia baseada em procedimentos manuais.

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - Planejamento - Aspectos Gerais

Segundo FERRARI, Celso (1982), o planejamento é um processo dinâmico cuja metodologia consiste em pesquisar, analisar e prever mudanças.

Para planejar a nível municipal, encarando o aspecto físico e territorial, formas diferenciadas devem ser levadas em consideração quanto ao trato do que é urbano ou rural, pois o tratamento urbano costuma exigir soluções de problemas mais complexos do que o tratamento de problemas rurais.

Para planejar sob o ponto de vista do que é urbano, o IPUF12 divide a área urbana em Área Urbanizada e Áreas de expansão urbana. As áreas urbanizadas caracterizadas por edificações contíguas, apresentam densidades populacionais mais elevadas, enquanto que as áreas de Expansão Urbana, caracterizadas por áreas desocupadas ou quando ocupadas, apresentando baixa densidade populacional.

2.2 - Rede Viária

Segundo W. Isard citado em HURST, Michael E. Eliot (1974), redes são estruturas projetadas para ligar sem interrupções nós, vias, rotas, com fluxos de pessoas, informações ou qualquer coisa que se move de um lugar para outro.

Considerando a estreita relação entre o crescimento populacional e o adensamento das cidades, juntamente com o estrangulamento do seu sistema viário, há necessidade de identificar-se focos de congestionamentos futuros, através do controle do uso do solo.

É importante observar que a expansão urbana e a expansão do sistema viário costumam ocorrer ao mesmo tempo, e esta correlação deve ser observada. Enquanto que uma rede viária tida como principal vai atingindo os estágios sucessivos, em termos de tráfego, capacidade, uso do solo, etc., melhorias ou novas vias passam a ser exigidas.

2.3 - Tráfego Urbano/Conurbações

Segundo Egon Bergel, citado por OLIVEIRA, Carlos A. Azevedo (1973), não obstante a expansão das cidades não se apresentarem sempre segundo um crescimento igual, as mesmas se expandem segundo "tentáculos axiais". O crescimento natural em funções das facilidades oferecidas, ocorre ao longo das principais rodovias. Com este tipo de crescimento, cidades encontram-se com lugares urbanos formando interseções, segundo áreas comuns.

Outra situação, citada pelo autor, refere-se a forma de crescimento, onde as cidades ficam unidas no sentido longitudinal as segundo principais rodovias, com estabelecimento de populações, segundo áreas estreitas.

A essa sucessão continua de localidades é que Egon Bergel citado pelo mesmo autor, denomina conurbação.

Ao analisar-se a região da Grande Florianópolis, através de fotografias aéreas ou imagens, verifica-se as duas situações acima, ou seja, os encontros urbanos do bairro Estreito com São José formando uma interseção, e os municípios de Biguaçu, São José e Palhoça formando a conurbação longitudinal orientada pela BR 101/SC. Esta conurbação é ainda do tipo múltipla.

2.4 - Monitoramento

Segundo PAQUETE, Radnor J. et al. (1982), no desenvolvimento de modelos de tráfego onde os impactos físicos são causados pelas facilidades de transporte, há uma necessidade de atualização constante das atividades de uso do solo na área em estudo.

Segundo BLUNDEN, W.R. (1973), o tráfego é uma consequência da associação do potencial do uso do solo e aptidão para o transporte, e formam um ciclo, onde um passa a atuar sobre o outro.

Segundo JENSEN, Mollerl (1990), imagens de satélite oferecem subsídios em termos de tendências de crescimento urbano, procedimentos para uma atualização rápida, mudanças ocorridas, etc.

Segundo VIEIRA, I.M. et al. (1990), as alterações costumam ocorrer com muita intensidade nas áreas de expansão urbana, onde o acompanhamento periódico faz-se necessário, e podem ser detectadas através da utilização de imagens de satélites. A este acompanhamento periódico chamamos de monitoramento.

ALVES, Diogenes S. (1990) afirma que as fotos aéreas são usadas freqüentemente para restituição aerofotogramétrica e interpretação visual. Já as imagens de satélite, dentre as diversas vantagens oferecidas pelas mesmas, apresentam as características de natureza espectral e temporal que podem ser manipuladas através de técnicas de interpretação visual, ou também com auxílio de tratamento digital de imagens.

2.5 - Estimativas Populacionais

Segundo IPUF (1988) a distribuição da população e seus pontos de concentração no espaço, indicam a tendência natural de ocupação e representam alguns dos principais parâmetros para definir políticas e diretrizes de crescimentos em áreas a serem estudadas.

No Brasil, estudos de estimativas populacionais baseiam-se normalmente em metodologias adotadas pelo IBGE (1986), segundo dois grandes grupos: método de balanço das componentes demográficas e métodos de tendências. O primeiro grupo baseia-se no

conhecimento e projeções de óbitos, dos nascimentos e contingentes migratórios, além do efetivo populacional em uma data base. O segundo grupo baseia-se em expressões matemáticas das tendências observadas num determinado período, onde há necessidade de conhecer-se a população levantada em pelo menos duas datas.

Dentre outros procedimentos, uma alternativa para estimar população com boa precisão, pelo menos nos períodos intercensitários, é aquela que utiliza técnicas baseadas em Sensoriamento Remoto.

Segundo LO, C.P. (1986), para estimar populações existem basicamente quatro procedimentos baseados no tipo de escala e sensor utilizado: 1) estimativas baseadas em áreas observadas; 2) estimativas baseadas em contagens de domicílio; 3) estimativas baseadas sobre áreas de uso do solo; 4) estimativas baseadas sobre características espectrais por "pixels" individuais.

No desenvolvimento dos trabalhos na Área de Estudos utilizamos estimativas que correlacionam população e área detectada por fotografias aéreas e imagens orbitais. A fundamentação teórica está fundamentada em trabalhos desenvolvidos por HOLTZ, R.K. et al. citados em OGROSKY, Charles (19) e FORESTI, Celina (1978).

3 - METODOLOGIA PROPOSTA

O desenvolvimento e aplicação prática da metodologia baseou-se nas seguintes etapas:

- 1) Monitoramento
- 2) Análise da estrutura viária e condicionantes da configuração viária
- 3) Determinação e cálculos de áreas decorrentes da ocupação e expansão urbana
- 4) Estimativas populacionais.

3.1 - Monitoramento

Esta etapa desenvolveu-se a partir do conhecimento de trabalhos existentes na área de Sensoriamento Remoto, onde os procedimentos mais adequados para observar e quantificar mudanças em determinadas áreas de estudo são através da comparação de fotografias aéreas convencionais ou imagens de satélite de datas diferentes.

Usou-se fotografias aéreas convencionais pancromáticas na escala 1:25.000 datadas de 1957 e 1978, fotografias aéreas infravermelho na escala 1:45.000 datadas de 1978, imagens de satélite SPOT HRV pancromática escala 1:50.000 datada de 1988, e imagens SPOT HRV infravermelho escala 1:50.000 datadas de 1988 e 1990.

A interpretação das fotografias aéreas preto e branco, em função da resolução espacial superior a dos satélites, permitiram a elaboração de "overlays", retratando a situação da rede urbana e rural nos anos de 1957 e 1978 e a consequente evolução. Considerou-se também as informações oferecidas pelo relevo, paisagem, uso e ocupação do solo, estrutura viária e hierarquização da rede viária regional.

As fotografias aéreas com maior poder de resolução espacial atuaram diretamente no fornecimento de detalhes, a nível de sistema viário, e as imagens orbitais na obtenção de registros temporais, pois travessias urbanas, ficam mais sujeitas às ações da grande dinâmica da expansão das áreas urbanas e suburbanas.

As fotografias aéreas abrangeram a Área de Estudo numa época anterior, enquanto que as imagens orbitais são mais recente, pois existem situações em que as fotografias podem ser substituídas pelas imagens ou complementadas, aproveitando-se da imagem de satélite sua principal vantagem, ou seja, a repetitividade de tomadas da mesma cena, mesmo perdendo em resolução espacial.

3.2 - Análise da estrutura viária e condicionantes da configuração viária, através da fotointerpretação

Aqui, a análise é baseada em critérios de fotointerpretação clássica, que foi estendida também às imagens de satélite.

Para subsidiar e reforçar a interpretação visual, seja de fotografias aéreas ou imagens orbitais, várias fontes incluindo literatura, projetos existentes, mapas cartográficos, material fotográfico de escalas maiores foram utilizadas. Como a expansão urbana da Área de Estudo está fortemente associada à implantação da BR 101/SC entre 1957 e 1967, é que os estudos consideram a condição mais natural, ou seja, imediatamente antes da implantação da BR 101/SC, situação intermediária e situação atual, para estudos de comportamentos e tendências.

A análise da estrutura viária foi baseada numa primeira etapa à partir da fotointerpretação clássica sobre fotografias aéreas, destacando-se as informações de características lineares das vias, e características pontuais resultantes da interseção de duas ou mais vias.

Numa segunda etapa, a análise da estrutura viária baseou-se em imagens orbitais SPOT HRV pancromáticas, onde observou-se uma diminuição da visualização das características lineares dos sistemas

viários locais, passando-se a fazer uso das características zonais.

Durante os estudos de fotointerpretação das imagens, associados ao conhecimento prévio fornecido pelas fotografias aéreas e cartas topográficas do IBGE, foi relativamente fácil analisar-se as condicionantes da atual configuração viária, em virtude das facilidades oferecidas pela BR 101/SC, que ensejou a ocupação marginal observável, as restrições naturais do relevo, áreas de mangue, e áreas de preservação natural.

3.3 - Determinação e cálculo de áreas decorrentes da ocupação e expansão urbana

Embora uma grande quantidade de informações possa ser obtida diretamente das fotografias aéreas ou imagens, na presente metodologia a indicação e cálculo das áreas observáveis pela expansão e ocupação de novas áreas deu-se a partir dos "overlays". Nos "overlays" resultantes da fotointerpretação, que destacam o tema de interesse, procedeu-se a determinação das escalas médias observadas, bem como a redução em máquina copiativa para uma escala única, possibilitando o ajustamento sobre a base cartográfica do IBGE em escala 1:50.000, considerada como referencial gráfico.

O cálculo das áreas foi obtido utilizando-se técnicas de contagem sobre a malha.

A evolução das áreas foram obtidas separadamente por município, atentando-se para as divisas municipais contidas nas cartas do IBGE, e datas de obtenção dos produtos..

3.4 - Estimativas Populacionais

A importância em relacionar área X população está na necessidade de prever-se melhorias dos serviços urbanos como aqueles relacionados ao transporte, estabelecendo-se soluções para curto, médio e longo prazos.

A partir das concentrações observáveis através das séries históricas, foi possível analisar tendências de ocupação, principalmente em razão das facilidades oferecidas pela implantação da BR 101/SC em uma área carente por melhorias de transportes.

Na presente metodologia, inicialmente estimou-se a população, considerando os dados de censos do IBGE, referentes aos anos de 1950, 1960, 1980 e 1991, para posterior comparação com estimativas baseadas em Sensoriamento Remoto.

As estimativas intercensitárias, considerando os mesmos anos de obtenção das fotografias aéreas e imagens utilizaram o modelo de crescimento geométrico conforme expressão abaixo:

$$P(t)i = P(to)i(1+i)n,$$

onde

- P(to)i - dado populacional referente ao censo anterior
P(t)j - população no ano t (ano da propagação)
i - taxa média anual de crescimento entre dois censos consecutivos.
n - número de anos entre P(t) e P(to).

Para estimativas populacionais por município a partir das áreas observadas nas fotografias aéreas e imagens, utilizou-se as expressões obtidas por FORESTI, Celina (1970), e as análises procedidas sobre a expressão $P = -1186 + 6672.A$, onde P representa a população, e A a área observada.

A aplicação das expressões acima deveu-se a significativa quantidade de áreas testes utilizadas pela autora, num total de 105 no Estado de São Paulo, e verificarmos através de resultados comparativos, com estimativas baseadas em dados de censo demográficos do IBGE, a possibilidade de estender a aplicação destas expressões à outras áreas, em particular àquelas de difícil acesso, ou carentes de dados atualizados para estimativas populacionais.

4 - CONCLUSÕES

1 - Os resultados obtidos indicam que a metodologia apresentada é consistente, sendo eficiente mesmo com procedimentos visuais e manuais, e pode servir de apoio para metodologias mais sofisticadas que utilizem recursos computacionais. A metodologia pode ser estendida a outras áreas de estudos, fornecendo dados concretos que poderão contribuir no planejamento físico-territorial, planejamento rodoviário, estudos de tráfego, projetos diversos, etc.

2 - As imagens dos mesmos alvos, obtidos em diferentes datas permitiram através do monitoramento, acompanhar, avaliar e quantificar a expansão da mancha urbana e sistema viário na Área de Estudo de maneira mais rápida do que se fossem utilizados procedimentos convencionais. A área é um dado que pode ser obtido a qualquer tempo em períodos relativamente curtos quando se utiliza imagens orbitais.

3 - Dentro da mancha urbana, além da identificação de áreas verdes e áreas de terraplenagem, foi possível identificar nas imagens orbitais as maiores concentrações verticais. Em contrapartida, este aumento de densidade passa a dificultar a identificação visual do sistema viário local. O aumento da densidade populacional implica na fusão de vários objetos numa

mesma cena, resultando numa diminuição da identificação espacial do sistema viário local.

4 - Ao utilizarmos equações relacionando área x população através de estudos de regressão linear simples, ao comparar-se os resultados obtidos com aqueles obtidos por estimativas intercensitárias do IBGE, verificou-se, sem o intento de generalizar-se, que é possível estender a aplicação de equações para outras localidades carentes de informação e/ou difícil acesso, mas que apresentem características semelhantes.

5 - As séries históricas, compostas por fotografias aéreas convencionais e imagens orbitais, conseguiram mostrar de maneira clara o efeito polarizador do segmento rodoviário da BR 101/SC sobre a região em razão das novas facilidades de transporte. A fotointerpretação permitiu detectar também que existe uma relação entre melhorias de acessibilidade e alterações do uso do solo.

6 - As séries históricas de fotografias aéreas e de imagens através da fotointerpretação clássica e análise, conseguiram refletir de modo claro e preciso falhas do planejamento tradicional ao considerar como pontos da malha viária federal, os centros urbanos e suas proximidades, implicando em soluções caras dos problemas de transporte gerados, e que devem apresentar soluções conjuntas no estudo de conurbações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, Diógenes. Sistemas de informação geográfica. GEOPROCESSAMENTO. São Paulo, Editado pela USP, 1990. p.66-78.
- BLUNDEN, W.R. The Land-Use/Transport System - Pergamon Press Ltd., Hadington Hill Hall, Oxford, 1973. 318p.
- FORESTI, Celina. Estimativas populacionais e de crescimento de áreas urbanas no Estado de São Paulo, com utilização de imagens LANDSAT. Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto. São José dos Campos, INPE, jun. 1978 (INPE-1298 - TPT/095).
- HURST, Michael E. Eliot. Transportation Geography. Comments and Readings. Copyright 1974 by McGraw-Hill, Inc. - Printed in USA. 528p.
- IBGE (Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Memorando PESPO 06/87 referente procedimentos para estimativa da população residente em 01/07/85.
- INSTITUTO DE PLANEJAMENTO URBANO E FLORIANÓPOLIS (IPUF). Plano Diretor de Florianópolis. Editado pela IOESC, Florianópolis, mar. 1988. 226p.

- JENSEN, Moller. Knowledge Based classification of an Urban area using Texture e context. Information in Landsat TM Imagery Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, v.56, n.6, Virginia, 1990. p.899-904.
- LO, C.P. (Char Pang). Applied Remote Sensing. Published in USA by Longman Inc., New York, 1986. 393p.
- OLIVEIRA, Carlos A. Azevedo. A área metropolitana e seu significado - BOLETIM GEOGRÁFICO DO RGS - Ano 18 - nº 16 - Janeiro a Dezembro de 1973. Porto Alegre-RS, p.5-37.
- PAQUETE, Radnor J., ASHFORD, Norman, J. e WRIGHT, Paul H. TRANSPORTATION ENGINEERING - Planning and design - Copyright 1972 e 1982 by John Wiley & Sons, Inc. - Printed in the United States of América, 679p.
- VIEIRA, I.M. et al. Utilização de Processamento Digital de Imagens na Análise e Monitoramento da Expansão Urbana - Anais do VI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto de 1990 - 2º vol., 1990.

ANEXO 1 - "Overlay" da Área de Estudo durante o ano de 1990.

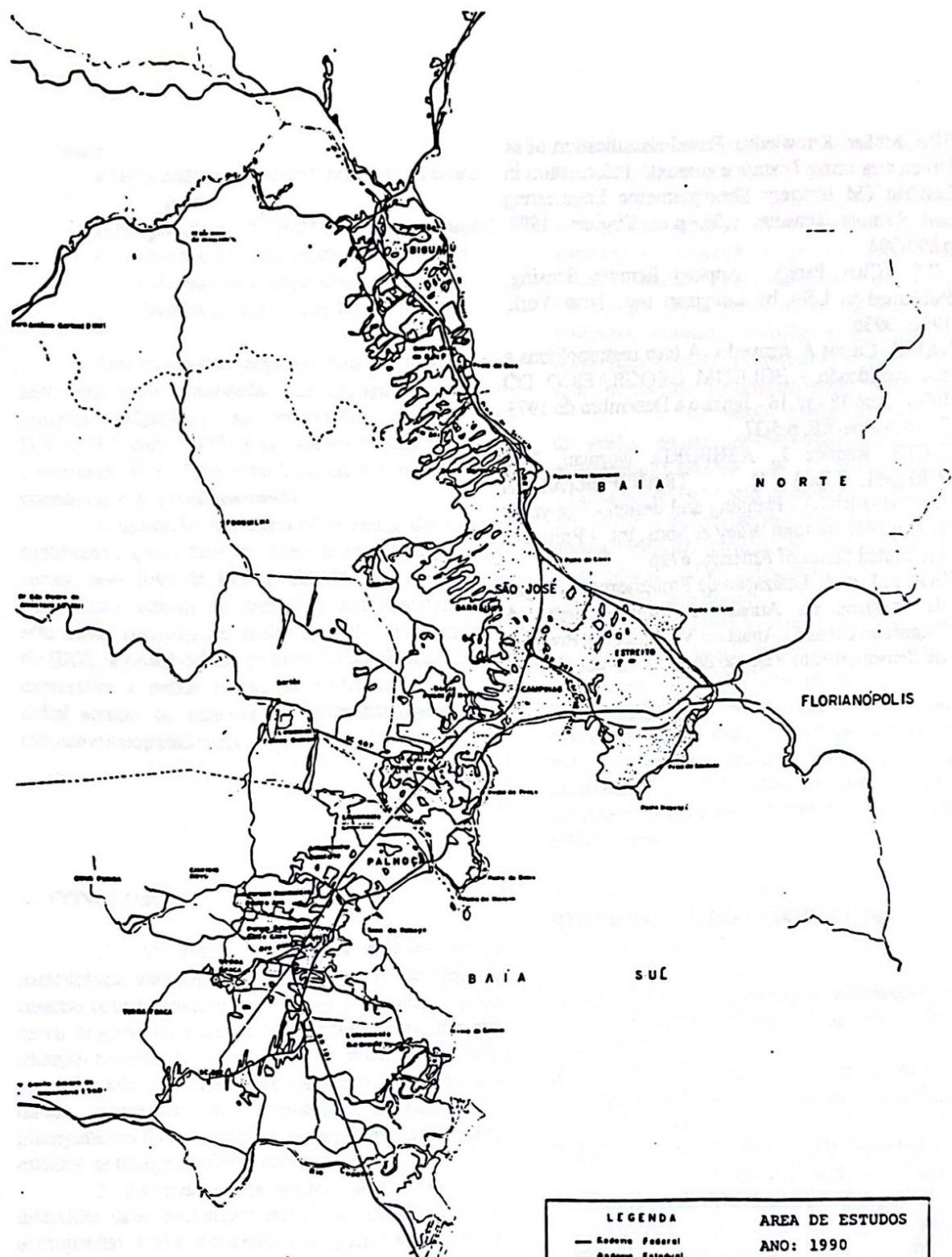


FIG.

LEGENDA		ÁREA DE ESTUDOS ANO: 1990
Rodovia Federal		
Rodovia Estadual		
Vias locais, Caminhos, etc		
Límites Intermuniciais		
Cursos d'água		
Principais rios		
Áreas não edificadas		
Áreas edificadas		
Áreas de terrassamento		

ANEXO 2 - Curvas de crescimento urbano.

