

GRAVATAÍ/RS - ANÁLISE DA EVOLUÇÃO URBANA ATRAVÉS DE AEROFOTOGRAMETRIA E DE IMAGENS ORBITAIS

POHLMANN, João Paulo Umpierre ⁽¹⁾

- (1) UFRGS. Faculdade de Arquitetura. Departamento de Urbanismo
Rua Carlos Huber, 44. CEP: 91.330 - 150, Porto Alegre - RS.
Fone: (051) 334.6426.

ABSTRACT

The acquisition of data for understanding the urban phenomenon is an essential condition for keeping a physical planning. Taking into account this necessity it was selected as object of this study the use of remote sensing techniques supported in GIS for providing subsidies to urban planning. The possibility to evaluate the evolution of the urban spot through a series of temporal maps obtained by aerophotograms and orbital images was considered as a hypothesis to be investigated in a case study. This research was carried out on the Gravataí urban area, into a period of 1953 to 1992, aiming at multidisciplinary and legal physical aspects. Data about physical characteristics and the classified orbital images were submitted to a cartographics basis. Through crossing of stored information in GIS, new thematic maps about the variables being studied were produced, being possible to verify that the urban occupation was disordered, causing conflicts in the areas inappropriate for urbanization. Based on demographic estimates for 1992, the research calculated the population that could be submitted to high risk on slope areas and unsafe urban life on floodable areas. As a result of this, it can be concluded that is worth monitoring the urban areas using technology and the procedures studied in order to assure a better life standard for their inhabitants.

Keywords: Remote sensing, urban planning, urban and environmental laws.

RESUMO

A aquisição de dados para a compreensão do fenômeno urbano é uma condição essencial na sustentação do planejamento físico. Em função desta necessidade, selecionou-se como objetivo do trabalho, examinar o uso das técnicas de sensoriamento remoto, apoiadas no SGI para fornecer subsídios ao Planejamento Urbano. Como hipótese a investigar, considerou-se, em um estudo de caso, a possibilidade de avaliar a evolução da mancha urbana, através de uma série de mapas temporais obtidos por aerofotogramas e imagens orbitais. O trabalho foi realizado sobre a área urbana de Gravataí, no período de 1953 a 1992, enfocando aspectos multidisciplinares e legais. As características físicas levantadas e as imagens orbitais classificadas foram submetidas a uma base cartográfica. A partir do cruzamento das informações digitalizadas produziram-se novos mapas temáticos sobre as variáveis em estudo, sendo possível constatar que a ocupação urbana foi desordenada, gerando conflitos em áreas inadequadas à urbanização. Com base nas estimativas demográficas para 1992 calcularam-se as populações sujeitas a altos riscos nas encostas e a condições precárias de vida urbana nas áreas inundáveis. Pelos resultados alcançados, concluiu-se que é válido o monitoramento de áreas urbanas, empregando a tecnologia e os procedimentos examinados para assegurar a melhoria da qualidade de vida de seus habitantes.

Palavras chave: Sensoriamento remoto, planejamento urbano, legislação urbana e ambiental.

1. INTRODUÇÃO

O uso das técnicas de sensoriamento remoto e de sistema geográfico de informações tem contribuído para aprimorar os dados cartográficos, possibilitando melhorias nas tarefas de análise, avaliação e monitoramento das áreas urbanas.

As cidades brasileiras, especialmente aquelas situadas nas regiões metropolitanas, apresentam uma ocupação urbana acelerada, cuja expansão, em alguns aspectos, desconsidera o meio físico. Embora na maioria dos casos, essa ocupação surja da necessidade das pessoas morarem próximo aos locais de trabalho, a qualidade de vida urbana fica comprometida pelo uso indiscriminado de espaços com restrições, como: encostas íngremes, topos de morros, cabeceiras e faixas marginais de cursos fluviais e áreas inundáveis.

Para a realização do trabalho foi escolhida a área urbana contínua do município de Gravataí, pertencente à Região Metropolitana de Porto Alegre, estendendo-se a investigação num período de quarenta anos (1953/1992). Nesse intervalo temporal, desenvolveu-se o estudo da evolução da mancha urbana e seus reflexos no meio físico, sob o enfoque da legislação urbana e ambiental.

Utilizaram-se informações obtidas pela aerofotogrametria (levantamentos de 1953/1964/1978) e pelo sensoriamento orbital (imagens digitais de 1984 e 1992), bem como, os dados disponíveis em mapas topográfico, hidrográfico e de solos, referentes à área de estudo. As visitas a campo serviram para conhecer a área de estudo, para adquirir as coordenadas geográficas de pontos necessários ao registro das imagens orbitais e para confirmar as informações sobre a preservação ambiental, junto aos córregos e topos de morros, devido ao reduzido tamanho dos *pixels* das imagens digitais.

2. OBJETIVOS

Na organização do trabalho estabeleceram-se os seguintes objetivos:

- avançar as experiências sobre o uso das técnicas de sensoriamento remoto e do processamento de dados cartográficos no SGI para fornecer subsídios ao Planejamento Urbano;
- desenvolver um estudo de caso, aplicando as técnicas e procedimentos citados para permitir a operacionalidade deste instrumental na análise de áreas urbanas e desta forma, oferecer a outros profissionais uma referência metodológica.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Embora possam ser encontrados inúmeros trabalhos sobre o emprego do sensoriamento remoto e do sistema geográfico de informações, constata-se no caso das áreas urbanas, uma escassez de pesquisas que contemplem o assunto segundo uma visão multidisciplinar, levando em conta, inclusive, os condicionantes da legislação vigente.

Salientando a importância dos dados de sensoriamento remoto como fonte de informações, [Escada e Kurkdjian (1993)] afirmam que os produtos fotográficos, em escalas grandes, obtidos através da aerofotogrametria, permitem uma visão pormenorizada do espaço intra-urbano. Os produtos extraídos das imagens orbitais oferecem uma visão sinótica da implantação da cidade na

região, porém devido à resolução espacial dessas imagens, os componentes do tecido urbano somente podem ser percebidos na forma de manchas.

Em sua argumentação sobre a fotografia aérea como instrumento de planejamento municipal e regional, [Rosa (1987)] considera indispensável a elaboração de um mapa base para estudar, planejar ou administrar um município.

Ao tratar da fotointerpretação, [Loch (1993)] explica que o reconhecimento e a identificação de alvos dependem do desempenho do fotointérprete, cuja tarefa pode ser facilitada por equipamentos auxiliares, tais como: estereoscópio e lente de aumento. Na fotointerpretação deverão ser considerados os aspectos relativos à forma, sombra, tamanho, tonalidade, densidade, declividade, textura, posição e convergência de evidências.

Em sua proposta para a estruturação do espaço urbano, analisado no período 1976/1984, [Foresti (1987)] preconiza a superposição de dados multitemporais em períodos dilatados para permitir a identificação dos setores urbanos mais dinâmicos e, assim, avaliar as tendências de urbanização.

Discorrendo sobre a utilidade das informações referentes ao uso da terra, adquiridas por sensoriamento remoto, [Pereira e Kurkdjian (1987)] ressaltam a importância destas para obter uma visão atualizada de sua distribuição espacial, possibilitando detectar os conflitos entre os aspectos de organização territorial e as metas de desenvolvimento programadas. Salientam, ainda, o valor dos dados orbitais multitemporais para o monitoramento do crescimento urbano.

Segundo [Magro et al. (1993)], os pontos de controle para registrar as imagens orbitais podem ser definidos a partir da conversão das coordenadas geodésicas (latitude, longitude) de pontos escolhidos em coordenadas retangulares (linha, coluna) de uma imagem digital de satélite por meio de relações geométricas polinomiais ou de transformações projetivas. A aplicação do método dos mínimos quadrados sobre os algoritmos empregados nesse conjunto de pontos possibilita determinar os parâmetros de conversão das coordenadas. A variância da unidade de peso *a posteriori* obtida de resíduos do ajustamento iterativo submete-se a teste *Qui quadrado* para controle de qualidade. Para as duas alternativas de cálculo empregadas, a qualidade do ajustamento foi aceita ao nível de significância de 5%, mostrando acurácia na solução do problema.

[Vieira et al. (1990)] aplicaram técnicas de processamento de imagens a fim de maximizar a visualização dos limites do ambiente urbano em cenário composto de rio/cidade/vegetação. Constataram que, na banda 3 das imagens digitais TM, a visualização das classes em estudo é mais fácil. Além disso, esta banda apresenta um contraste melhor quando comparada com as bandas 1 e 2, por não conter interferência da bruma atmosférica.

A fim de extrair informações rápidas e precisas [Lapoli et al. (1993)] realizaram experiências utilizando filtros para realçar as imagens, e assim, melhorar os padrões de áreas urbanas. A filtragem foi elaborada a partir da criação de uma máscara matricial de ordem $m \times n$, na qual $m = n = 5$, aplicada sobre a banda 3 da imagem registrada. O melhor resultado na alteração dos níveis de cinza foi obtido pelo filtro de peso 6, pois destacou as características e os padrões da imagem para a análise de áreas urbanas.

[Jungblut (1994)] realizou o levantamento pedológico da bacia do rio Gravataí, compreendendo o lançamento de informações sobre bases cartográficas (escala 1:50.000), a análise de aerofotogramas e a classificação dos solos pela diferenciação dos horizontes e pelos diagnósticos subsuperficiais. Esta classificação possibilitou reunir os tipos de solos em unidades de mapeamento que apresentam um comportamento homogêneo.

Ao estabelecer a metodologia para o preparo do mapa de suscetibilidade à erosão da bacia do rio Gravataí, [Nielsen et al. (1994)] adotaram os intervalos de declividades utilizados pelo IPT para a realização de trabalhos desta natureza. O agrupamento das classes de declividades permitiu a descrição

de suas feições geomorfológicas e, o cruzamento destas classes com o mapa pedológico realçou as características das declividades dos relevos numa visão macro.

A identificação da gradação de suscetibilidades à erosão laminar foi realizada por [Trainini et al. (1994)] nos estudos da bacia do rio Gravataí. Essa tarefa, apoiada em observações no campo e nos dados dos mapas geomorfológico, pedológico e de isodeclividades, deu origem a uma tabela onde os tipos de solos e os intervalos de declividades estão correlacionados. A simplicidade da disposição de dados complexos na tabela permite obter a gradação da suscetibilidade à erosão pelo cruzamento dessas informações.

De acordo com [Castro (1993)], é necessário dotar a Administração Pública de um Mapa Indicativo das Áreas de Risco de Escorregamentos. Nesse mapa, preparado com rigor técnico e científico, deverão estar presentes a identificação e a hierarquização das áreas de risco passíveis de escorregamentos nas encostas.

Em 1965 foi promulgado o Código Florestal através da Lei Federal 4.771 (15/09/65) que considera de preservação permanente, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água, no topo de morros e nas encostas com declividade superior a 45°. No caso dos cursos d'água, por exemplo, com largura até 10 m, a faixa marginal considerada atinge uma largura mínima de 30 m. Essas regras de preservação ambiental são estendidas às áreas urbanas e às regiões metropolitanas do país, cujos planos diretores e leis de ordenação do uso do solo, pressupostos pelo Código, devem respeitar os princípios e os limites mínimos estabelecidos por este último.

Desde 1979, os municípios do país estão regidos pela Lei Federal 6.766 (19/12/79) que estabelece as condições de parcelamento do solo urbano, válido para propósitos urbanos, somente em zonas urbanas ou de expansão urbana. Essa legislação veda o parcelamento do solo em terrenos alagadiços e sujeitos a inundações, em terrenos contaminados com aterros nocivos, em terrenos com declividade igual ou superior a 30% e em áreas de preservação ecológica ou naqueles onde a poluição impeça condições sanitárias suportáveis. No caso de loteamentos, os dispositivos legais fixam uma faixa *non aedificandi* de 15 m de cada lado, ao longo das águas correntes e das faixas de domínio público das rodovias, ferrovias e dutos.

A política de desenvolvimento urbano instituída pela Lei Estadual 10.116 (23/03/94) tem por objetivo a melhoria da qualidade de vida nas cidades e núcleos urbanos. Esse diploma legal determina a obrigatoriedade da elaboração de plano diretor para as cidades com mais de vinte mil habitantes e para todos os municípios da região metropolitana. Como instrumentos urbanísticos de desenvolvimento urbano, a lei destaca o plano diretor, as diretrizes gerais de ocupação do território e a cartografia básica. O plano diretor deve conter a delimitação da zona urbana e das áreas de proteção e preservação permanente, além da identificação das áreas inadequadas à ocupação urbana. A legislação ainda estabelece um controle da área de expansão urbana, determinando que, os acréscimos de superfície necessários para abrigar o aumento da população sejam correspondentes à taxa de crescimento demográfico, estimada pelo órgão oficial estadual de estatística para o período considerado.

4. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está situada no município de Gravataí, na Região Metropolitana de Porto Alegre, entre os paralelos 29° 53' e 29° 59' Sul e entre os meridianos 51° 05' e 50° 55' Oeste de Greenwich. A superfície do município totaliza 49.300 ha.

Os limites estabelecidos no estudo incluem a área urbana contínua do município no horizonte de 1992, sendo demarcados a norte e a leste por linhas secas, a sul pelo rio Gravataí e a oeste pela

divisa com o município de Cachoeirinha. A superfície estudada possui 10.603 ha, correspondente a 21,5 % da área municipal.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1. Materiais

O material cartográfico disponível constou de folhas SH.22-V-D-VI-4 e SH.22-X-C-IV-3, na escala 1:50.000, produzidas em 1980 pela Diretoria de Serviço Geográfico do Ministério do Exército e mapa topográfico da área urbana de Gravataí, incluindo informações hidrográficas, na escala 1:25.000, elaborado pela Metroplan em 1972 e atualizado em 1985. Complementando os materiais citados, foram reunidos um mapa geológico de 1991, um mapa da área inundável e um mapa pedológico, elaborados em 1993, todos na escala 1:50.000, também produzidos pela Metroplan.

Os aerofotogramas necessários para o trabalho compreendem o levantamento de 1953, na escala 1:22.000; o de 1964, na escala 1:60.000 e o de 1978, na escala 1:22.000. As fotografias do primeiro e do último vôos estão arquivadas na Metroplan e as de 1964, na Prefeitura Municipal de Porto Alegre.

No Centro Estadual de Pesquisa em Sensoriamento Remoto e Meteorologia/UFRGS - CEPARM, onde se desenvolveu o trabalho, acham-se disponíveis as imagens orbitais do LANDSAT-TM5, referentes à área de estudo, sensoriadas em 01/10/84, na órbita/ponto 221/81 quadrante B, bandas 3, 4 e 7, bem como as sensoriadas em 21/09/92, na mesma órbita/ponto e quadrante, bandas 3, 4 e 5.

Encontram-se também nessa entidade, os sistemas computacionais SITIM 150 e SGI, destinados respectivamente, ao tratamento de imagens orbitais e ao gerenciamento de informações cartográficas. Dispunham-se ainda, os seguintes equipamentos eletrônicos e ópticos: Receptor para rastreamento de sinais de satélites do Sistema de Posicionamento Global - GPS, Computer Graphics Film Recorder (*Rembrandt*), Procom-2, Aerial-Photograph Converter (*Sketchmaster*), Estereoscópio de espelhos e Lupa.

5.2. Métodos

O desdobramento do trabalho exigiu visitas a campo para proceder a medição de coordenadas geográficas e para assinalar as condições das matas junto aos córregos e topos de morros. A medição destinou-se ao registro das imagens orbitais e a anotação das matas orientou a tarefa de classificação pelo método da Máxima Verossimilhança - MAXVER.

O mapa cartográfico da DSG do Exército, na escala 1:50.000, serviu de mapa base para a atualização das informações levantadas. A vantagem da adoção dessa escala está na sua coincidência com a escala das imagens orbitais. Assim, as novas informações foram lançadas sobre uma película poliéster transparente, referenciadas no citado mapa cartográfico.

Segundo esse procedimento, anotaram-se por conversão, as áreas urbanas fotointerpretadas (1953/64/78) e também, por projeção de diapositivos, as manchas urbanas interpretadas visualmente nas imagens orbitais (1984/92). A classificação da vegetação arbórea pelo método MAXVER deu origem às informações necessárias para examinar as condições de preservação ambiental.

A compilação dos dados sobre a altimetria, os tipos de solos, a rede fluvial e as áreas inundáveis, juntamente com as informações reunidas acima, digitalizaram-se no SGI para a produção de mapas temáticos.

Os intervalos de declividades adotados, de 0% a 6%, acima de 6% a 12%, acima de 12% a 20% e acima de 20%, acionados no Modelo Numérico do Terreno - MNT, estabeleceram o mapa temático das isodeclividades.

A etapa subsequente, também executada no SGI, consistiu no *cruzamento* dos mapas temáticos para alcançar os seguintes propósitos:

mapas temporais da mancha urbana = evolução urbana (vetores de crescimento)

isodeclividades + tipos de solos = gradação de riscos à erosão

mancha urbana (1992) + áreas inundáveis = áreas urbanas atingidas

mancha urbana (1992) + gradação de riscos = áreas urbanas de risco

O mapa temático dos conflitos com o meio ambiente resultou da *sobreposição* no SGI das seguintes informações:

mancha urbana (1992) + rede fluvial + matas

Concluídos os procedimentos descritos, documentaram-se os mapas temáticos gerados, produzindo os respectivos diapositivos no *Rembrandt*, para comentar os resultados.

6. RESULTADOS

6. 1. Evolução Urbana

A exemplo de outros municípios situados nas vizinhanças de Porto Alegre, o município de Gravataí teve o seu desenvolvimento urbano condicionado pela área de influência da capital. Os problemas urbanos surgidos nestes aglomerados limítrofes exigiram, em 1970, a criação da Região Metropolitana de Porto Alegre, que reuniu quatorze municípios, inclusive o de Gravataí.

O levantamento das alterações verificadas ao longo do tempo na área de estudo forneceu meios para aferir as suas dimensões (Tab. 1).

TABELA 1: DENSIDADES E EXPANSÃO URBANA EM GRAVATAÍ:

	ESTIMATIVA POPULAÇÃO URBANA	ÁREA URBANA (ha)	DENSIDADE (hab./ha)	EXPANSÃO URBANA (ha)
1953	3.970	96,48	41,15	—
1964	36.226	915,93	39,55	819,45
1978	72.805	1.407,06	51,74	491,13
1984	111.371	2.715,66	41,01	1.308,60
1992	171.531	3.396,96	50,49	681,30

Até 1953, contando com uma população de 3.970 habitantes e uma superfície urbana de 96,48 ha, o município permaneceu distante da ação dos interesses imobiliários. Note-se que, ao término do século XVIII, essa povoação era maior do que Porto Alegre e havia alcançado o número de 2.355 habitantes. Aliás, a área urbana existente em 1953 demonstra a simplicidade de sua forma, estruturada ao redor de um pólo central (Fig. 1). A oeste do centro urbano, ao longo da estrada RS-30, naquela época a principal ligação da capital com o litoral, foram detectadas nucleações incipientes.

Com a população e a área urbanizada aumentadas em 1964, o município apresentou o resultado do seu exagerado e rápido crescimento. A mancha urbana espalhou-se ao redor do pólo central, porém, a parcela essencial do aumento alastrou-se ao longo do trecho oeste da estrada RS-30. A comparação das manchas urbanas de 1953 e 1964 permitiu constatar o dinamismo do setor oeste do aglomerado, mostrando a sua tendência de urbanização. Registrou-se nesse período, a redução da densidade demográfica e o aumento da área urbanizada, em função dos incorporadores que renunciaram a capital, onde a Lei 1.233 de 1954, disciplinou as atividades de parcelamento do solo.

Em 1978, a mancha urbana indicou um crescimento urbano operante em todas as direções. As tendências atuaram na totalidade da área urbanizada, sem configurar a preponderância de um vetor. Houve o adensamento urbano e a implantação das rodovias RS-118 e BR-290 (nova ligação com o litoral). A primeira produziu a divisão do território urbano e a segunda provocou a ruptura do tecido em decorrência da sua qualificação de via isolada.

O horizonte de 1984 apresentou um crescimento das áreas laterais da antiga estrada RS-30. As tendências provocaram a conurbação das áreas de Gravataí e Cachoeirinha. Verificou-se um pico na área de expansão urbana (Tab 1), ocorrido independente das limitações da Lei 6.766 (1979) que regulamenta o parcelamento do solo.

A mancha urbana encontrada em 1992 refletiu o crescimento distribuído em todas as direções (Fig. 1). Ao sul, os acréscimos das áreas ocupadas começaram a tangenciar o limite imposto pela auto-estrada. As áreas separadas pela citada estrada acolheram expressivos aumentos. Junto à RS-30, a leste, as áreas formaram uma mancha urbana concentrada. O crescimento urbano produziu uma assimetria entre a disposição da mancha urbana e o conjunto de vias principais, convergentes ao pólo central (Fig. 2).

O exame da série temporal das manchas urbanas permitiu visualizar o processo da evolução urbana e pode fornecer subsídios para a tomada de decisões. Os dados numéricos mostraram a reduzida variação das densidades no período (Tab 1), indicando que no processo evolutivo, as características da morfologia urbana foram mantidas. As variações significativas encontradas na expansão urbana decorreram dos desequilíbrios entre a oferta/procura da produção imobiliária. Este inconveniente passou a ser controlado através dos dispositivos da Lei Estadual 10.116 de 1994.

6. 2. Área Urbana e Áreas Inundáveis

Fenômenos climáticos de ocorrência cíclica na área de estudo, as inundações provocam dificuldades nos locais atingidos. Os problemas advindos são agravados quando envolvem residentes pelos riscos de contaminação a doenças e pela necessidade de remoção.

Através do cruzamento já mencionado (item 5.2), foi possível determinar a superfície urbana atingida pelas enchentes (Fig. 3). A área comprometida atinge 58,14 ha, correspondentes, a 1,71% do total urbanizado. Embora o reduzido percentual, estas áreas geram um problema para o município e são consideradas inadequadas de acordo com a Lei Federal 6.766 de 1979. Com uma densidade média estimada em 50,49 hab/ha presume-se 2.935 pessoas, vivendo em condições precárias.

O acompanhamento destes eventos é fundamental e também, pode ser estabelecido um programa de mudança sistemática da população atingida, alternativa apropriada por coincidir com as intenções da legislação. A implantação de dispositivos de contenção das cheias pode contornar os problemas, porém resulta em vultosas despesas.

6.3. Área Urbana e Áreas de Risco

As áreas suscetíveis à erosão laminar podem apresentar quadros temerários no momento da conjunção de variáveis como declives acentuados e exageradas precipitações pluviométricas. Nas áreas urbanas, essa ocorrência assume níveis calamitosos pela ameaça à integridade física das pessoas.

Então, é necessário dispor de informações técnicas sobre a identificação e a hierarquia das áreas de risco para desenvolver ações preventivas e, inclusive, dar ciência dos perigos à população residente.

Na área urbana incidem os solos do tipo *Podzólico Vermelho-Amarelo/Podzólico Vermelho-Escuro* e *Planossolo/Glei Pouco Húmico*. O cruzamento dos mapas temáticos já mencionados (item 5.2) originou as superfícies de suscetibilidades à erosão na mancha urbana, distribuídas nas seguintes categorias: Nula (25,19%), Moderada (59,33%), Alta (15,44%) e Muito Alta (0,04%).

Estes percentuais combinados com os dados demográficos permitiram estimar 144.977 habitantes, distribuídos nas categorias de suscetibilidades nula e moderada. Os demais, 26.554 habitantes, localizam-se nas áreas problemáticas, onde é preciso monitorar quaisquer alterações nos processos erosivos. O conhecimento das áreas de risco pode auxiliar as propostas do planejamento urbano, sendo a decisão mais indicada para os casos perigosos, a sua preservação como áreas verdes.

6.4. Área Urbana e Meio Ambiente

A observância dos requisitos do meio ambiente gera um cenário urbano adequado ao desenvolvimento das atividades humanas e contribui para a melhoria da qualidade de vida da população. Nesse sentido, em 1965, a legislação ambiental (Código Florestal) fixou as normas de preservação para serem aplicadas nas áreas urbanas, a fim de garantir o equilíbrio do meio ambiente. A visualização do mapa temático obtido por sobreposição (item 5.2) permitiu constatar o seguinte (Fig. 4):

- o crescimento urbano extinguiu a vegetação nos topos de morros e nas faixas marginais ao longo dos arroios e suas cabeceiras, dentro dos limites da mancha urbana;
- nas áreas exteriores à mancha urbana, os arroios e os topos de morros ainda apresentam a incidência de matas de proteção.

Estes resultados mostram que a evolução urbana ocorreu em desacordo com as necessidades reconhecidas, desde 1965, pela legislação ambiental.

7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Segundo os resultados apresentados, a experiência do uso das técnicas de sensoriamento remoto, apoiadas no SGI, para auxiliar o Planejamento Urbano, permitiu alcançar os objetivos propostos no trabalho. Através de um estudo de caso foi confirmada a validade da aplicação das técnicas mencionadas para operacionalizar a análise de uma área urbana.

Desta forma, os resultados obtidos evidenciam as seguintes conclusões:

- A tecnologia usada no estudo de áreas urbanas permite avaliar as alterações ocorridas ao longo do tempo e pode servir de apoio para a tomada de decisões no planejamento municipal. Essa tecnologia, além da possibilidade de atualização dos dados pela repetição das imagens orbitais, valorizando a cartografia, contempla o exame de aspectos de fundamental interesse na análise do crescimento urbano.
- No caso em estudo, as imagens produzidas demonstram que as formas assumidas pela mancha urbana decorrem de uma expansão desordenada e que a superposição dos marcos temporais permite detectar as suas tendências de crescimento.
- A extinção das matas de preservação resultam da desconsideração dos dispositivos da legislação ambiental, em vigor desde 1965. A ignorância dos perigos e a ausência de um mapa indicativo das áreas de risco à erosão submetem a população assentada nos locais perigosos, à situação de extrema calamidade. A ocupação de áreas inundáveis também produz inconvenientes e riscos de vida às populações destes locais.

- A ausência de uma política de desenvolvimento urbano, provocou a assimetria da mancha urbana em relação ao foco da rede viária principal, comprometendo a distribuição dos fluxos viários no tecido urbano.

Em decorrência do conhecimento adquirido sobre a área examinada podem ser sugeridas as seguintes recomendações:

- que sejam divulgadas a metodologia e a aplicação destas técnicas entre os profissionais da área para uso no planejamento urbano;
- que seja estimulada a formação de técnicos capacitados no uso do instrumental apresentado no trabalho para aumentar a eficiência do planejamento municipal;
- que os estudos elaborados neste trabalho tenham prosseguimento por outros profissionais para iniciar novas linhas de pesquisas, como por exemplo, a detecção de eventuais agentes de poluição, o aperfeiçoamento dos limites das áreas de risco à erosão e as áreas a serem recuperadas sob o enfoque ambiental;
- que o planejamento municipal oriente a ocupação das áreas do entorno urbano, evitando o agravamento dos atuais problemas;
- que as tarefas de acompanhamento de campo, realizadas por técnicos capacitados sejam convertidas em rotina, nas áreas inundáveis, nas áreas de risco à erosão e nas áreas de preservação ambiental para inibir a ocupação destes locais e evitar os fatos consumados;
- que o monitoramento global e integrado da área urbana venha assistido de mecanismos de fiscalização, embasados nas exigências da legislação urbana e ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CASTRO, H. de O. Sistema de apoio ao gerenciamento municipal Georisco: sistema de informações das áreas com risco de deslizamentos de encostas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7., Curitiba, PR. 10-14 maio, 1993. *Anais...Curitiba: INPE, 1993. v.1, p.32-39.*
- ESCADA, M. I. S., KURKDJIAN, M. de L. N. de O. Utilização de tecnologia de sensoriamento remoto para o planejamento de espaços livres urbanos de uso coletivo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7., Curitiba, PR. 10-14 maio, 1993. *Anais...Curitiba: INPE, 1993. v.1, p.48-55.*
- FORESTI, C. Técnicas de sensoriamento remoto aplicadas ao estudo de regiões metropolitanas: o setor oeste da área metropolitana de São Paulo. In: ENCONTRO NACIONAL DE SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO AO PLANEJAMENTO MUNICIPAL, Campos do Jordão, SP. 22-23 outubro, 1987. *Anais...Campos do Jordão: INPE/SELP, 1987. p.20-31.*
- JUNGBLUT, M. *Pedologia da bacia do rio Gravataí-RS*. Porto Alegre: Metroplan/CPRM, 1994. 27 p.
- LAPOLLI, E. M., et al. Utilização de filtros para o realce de áreas urbanas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7., Curitiba, PR. 10-14 maio, 1993. *Anais...Curitiba: INPE, 1993. v.1, p.75-82.*
- LOCH, C. *A interpretação de imagens aéreas: noções básicas e algumas aplicações nos campos profissionais*. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1993. 120p.

- MAGRO, F. H. S., LEITÃO, R. S., DUCATI, J. R. Posicionamento em imagens digitais no sistema Goes. *Pesquisas*, 20 (2): 114-118, 1993. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1994.
- NIELSEN, S. D., GIUGNO, N. B., ORLANDI Fº, V. *Isodeclividades da bacia do rio Gravataí-RS*. Porto Alegre: Metroplan/CPRM, 1994. 10 p.
- PEREIRA, M. N., KURKDJIAN, M. de L. N. de O. Mapeamento do uso da terra do município de São José dos Campos por sensoriamento remoto, como subsídio para a elaboração do seu P. D. D. I. In: ENCONTRO NACIONAL DE SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO AO PLANEJAMENTO MUNICIPAL, Campos do Jordão, SP. 22-23 outubro, 1987. *Anais...Campos do Jordão: INPE/SELPER*, 1987. p.1-19.
- ROSA, F. S. A fotografia aérea como instrumento de planejamento municipal e regional: a área metropolitana de São Paulo-SP. In: ENCONTRO NACIONAL DE SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO AO PLANEJAMENTO MUNICIPAL, Campos do Jordão, SP. 22-23 outubro, 1987. *Anais...Campos do Jordão: INPE/SELPER*, 1987. p.263-279.
- TRAININI, D. R., KREBS, A. S. J., ORLANDI Fº, V. *Suscetibilidade à erosão da bacia do rio Gravataí-RS*. Porto Alegre: Metroplan/CPRM, 1994. 19 p.
- VIEIRA, I. M., et al. Utilização de processamento digital de imagens na análise e monitoramento da expansão urbana. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 6., Manaus, AM. 24-29 junho, 1990. *Anais...Manaus: INPE*, 1990. v.2, p.395-403.

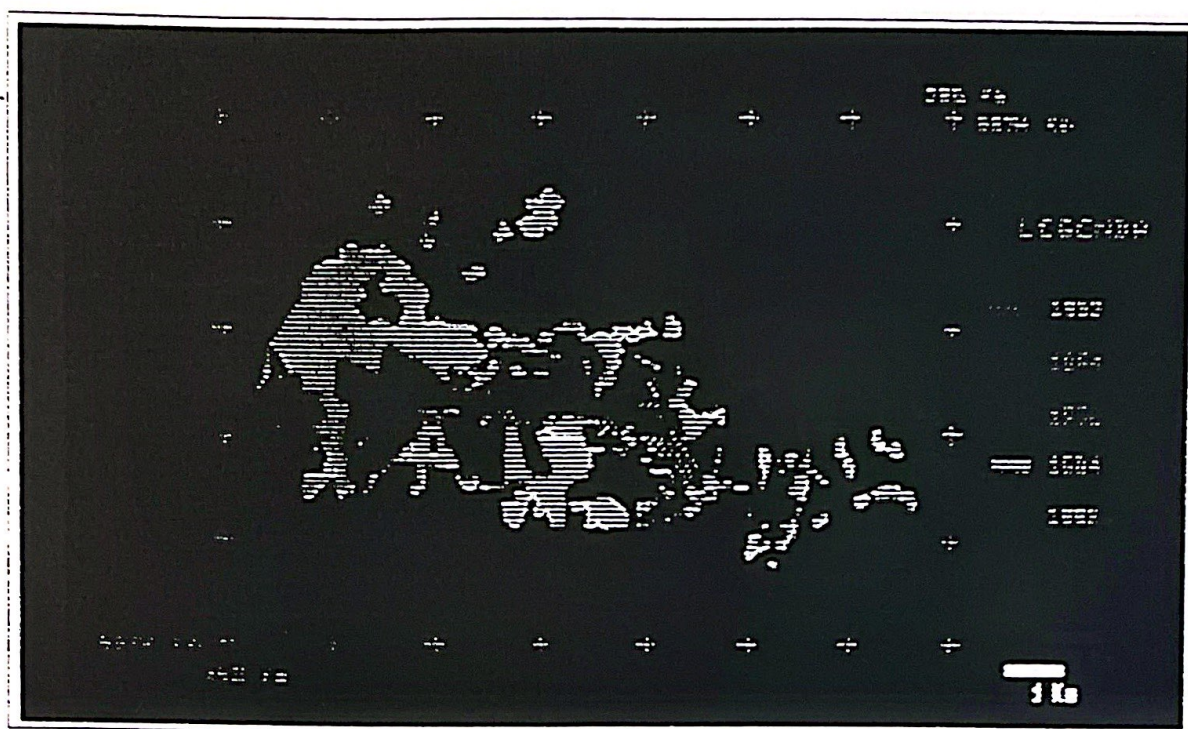


FIGURA 1: EVOLUÇÃO DA MANCHA URBANA

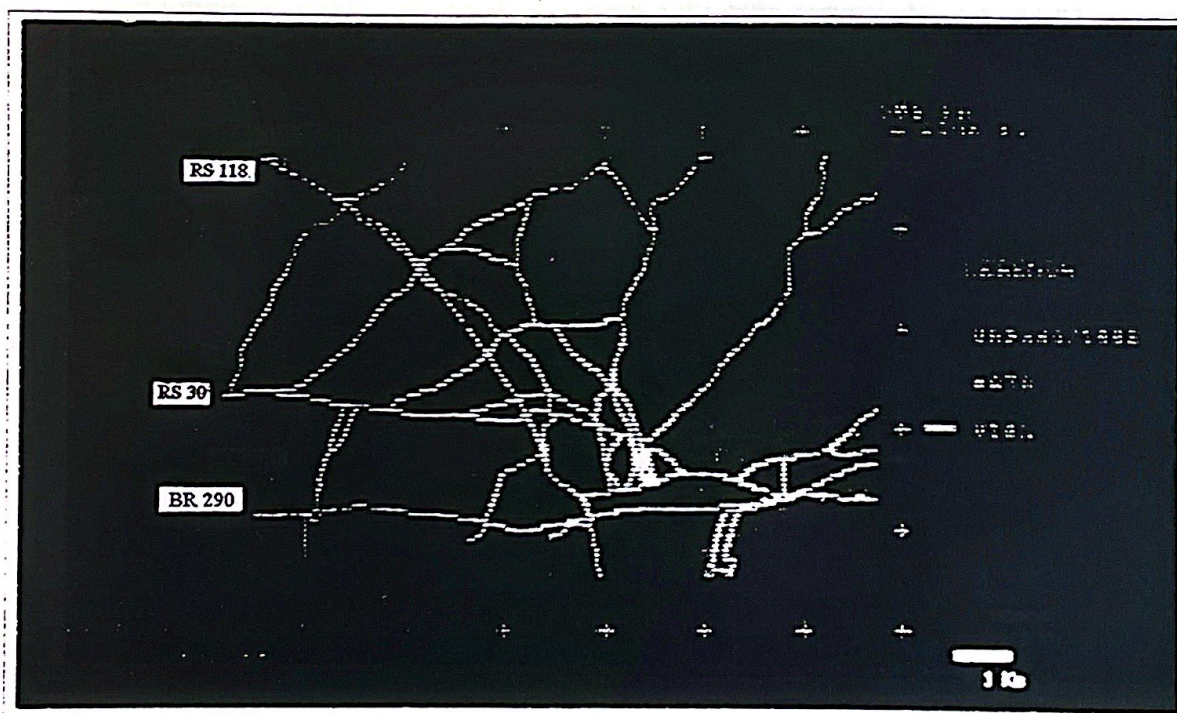


FIGURA 2: ÁREA URBANA / 1992

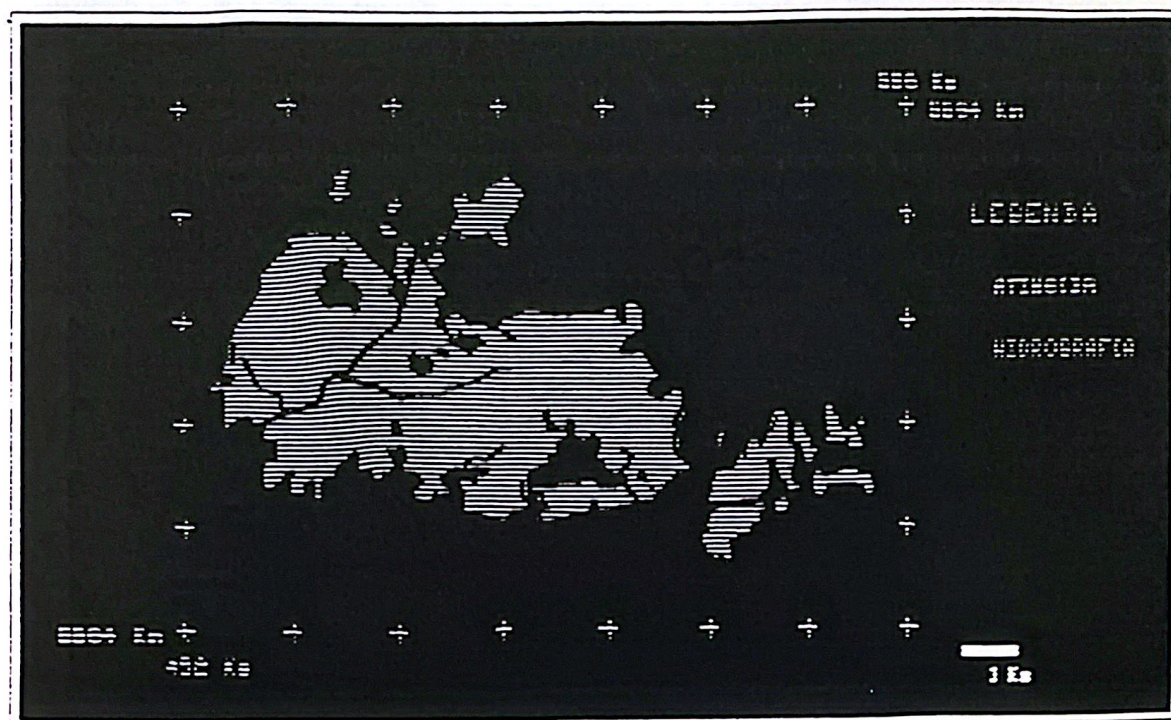


FIGURA 3: ÁREA URBANA INUNDÁVEL



FIGURA 4: ÁREA URBANA / 1992 E MEIO AMBIENTE