

TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO APLICADAS AO ESTUDO DE REGIÕES
METROPOLITANAS - O SETOR OESTE DA ÁREA METROPOLITANA
DE SÃO PAULO

Celina Foresti

Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE
Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT
C.P. 515 - 12201 - São José dos Campos, SP, Brasil

RESUMO

Os sensores remotos a bordo dos novos satélites são cada vez mais adequados a estudos urbanos, em função do aumento do poder de resolução espacial, espectral e radiométrico. Este trabalho apresenta um enfoque metodológico para estudo da expansão e estruturação do espaço urbano em áreas metropolitanas através de dados orbitais de sensores remotos em diferentes níveis e escalas de observação. São utilizados dados dos sensores MSS e TM dos satélites LANDSAT e dados digitais HRV pancromáticos do satélite SPOT. A área experimental corresponde ao setor oeste da Área Metropolitana de São Paulo constituída da área urbanizada ou em processo de urbanização dos municípios de Osasco, Carapicuíba, Barueri, Itapeví, Jandira e Santana do Parnaíba. Os resultados do trabalho mostraram que a expansão urbana vem ocorrendo com a abertura de novos loteamentos que nem sempre são implantados de forma adequada e adaptados às condições do terreno. Este problema se agrava à medida que o relevo é mais acidentado, apresentando maiores índices de declividade. O trabalho discute os problemas ambientais decorrentes do uso e ocupação desordenada do solo, como também a inexistência de planejamento e administração integrada para os municípios que compõem as Regiões Metropolitanas no Brasil.

1. INTRODUÇÃO

As áreas atingidas pelo processo de metropolização caracterizam-se, simultaneamente, por um forte afluxo demográfico e por uma transformação da estrutura ocupacional que passa a apresentar um acentuado predomínio dos setores secundário e terciário e por um sistema de integração que se traduz por um movimento de pessoas entre as diferentes unidades, complementando e suplementando o mercado de trabalho.

O processo inicia-se numa cidade central, propagando-se depois para municípios vizinhos que passam a funcionar, seja como núcleos dormitórios, seja como áreas de expansão industrial. Uma grande concentração de população a um ritmo de crescimento, em geral muito mais rápido que o da implantação dos serviços urbanos, provoca nessas áreas uma deficiência de infra-estrutura que exige a institucionalização de um mecanismo de planejamento para ordenação de sua expansão.

Segundo estimativa do Centro de Coleta e Análise (CCA), a Região Metropolitana de São Paulo, constituída de 38 municípios (Figura 1), apresenta atualmente 15.087.712 habitantes, com uma densidade populacional de 1.897 hab/km². (EMPLASA, 1986).

O vigoroso dinamismo industrial que se concentrou na região a partir da década de 1950 desencadeou um processo de assentamento urbano em que as áreas centrais e melhor equipadas foram ocupadas pelas camadas de médio e de alto poder aquisitivo, enquanto a classe trabalhadora ocupou as longínquas e rarefeitas periferias da metrópole, particularmente no entorno dos principais troncos ferroviários e rodoviários. Este padrão de assentamento provocou um crescimento acelerado que multiplicou em nove vezes a "mancha urbana" original nas três últimas décadas (Kowarick e Campanário, 1985). Alguns fatores se combinam fazendo da Área Metropolitana de São Paulo, atualmente, um verdadeiro laboratório de estudo em todas as áreas de interesse, pela diversidade e complexidade dos problemas que apresenta. Constituindo-se no maior complexo industrial e econômico da América Latina, sua

influência extravasa os limites nacionais, apresentando as mais altas taxas de crescimento industrial, populacional e urbano nas últimas três décadas.

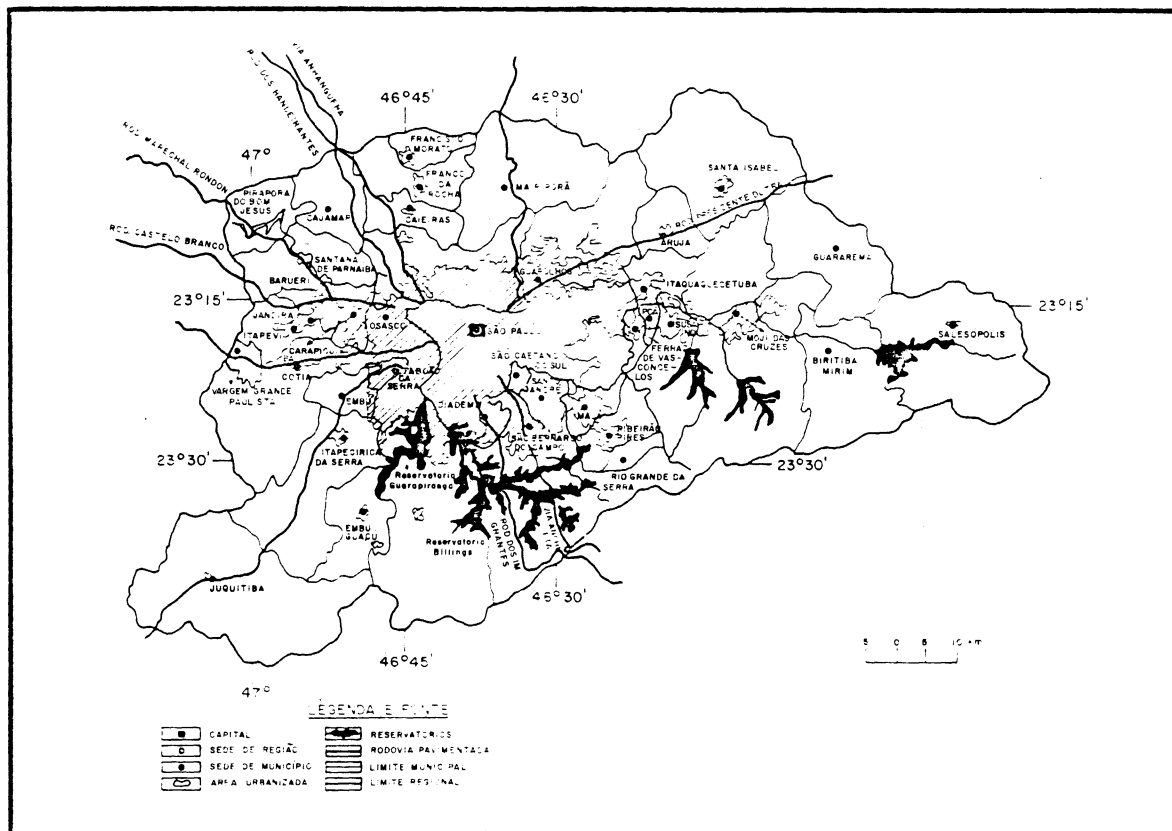


Fig. 1 - Mapa da Região Metropolitana de São Paulo com seus 38 municípios.

Segundo dados divulgados pelo Fundo das Nações Unidas para Atividades em Matéria de População (FNUAP), a Região Metropolitana de São Paulo, atualmente com 15 milhões de habitantes, estará no ano 2.000 com 24 milhões, sendo superada somente pela cidade do México que hoje já é a primeira cidade do mundo em população.

A expansão acelerada da área metropolitana de São Paulo dificulta o monitoramento contínuo das alterações ambientais e da estruturação do espaço urbano, como também a tomada de decisões pelos órgãos de planejamento pela dificuldade de informações atualizadas da dinâmica urbana.

Há necessidade de se encontrar novos métodos com a utilização de técnicas adequadas para que se possa estudar a expansão urbana e monitorar as alterações ambientais, se possível, em tempo quase real para maior eficiência da ação dos órgãos de planejamento.

Neste trabalho é apresentado um procedimento metodológico para o estudo do impacto ambiental da expansão urbana na Região Metropolitana de São Paulo, através da análise de dados de sensoriamento remoto.

As técnicas convencionais utilizadas em estudos de expansão urbana não permitem uma visão global das áreas metropolitanas devido a sua grande extensão. A utilização de dados obtidos por sensoriamento remoto em nível orbital, pelas características de repetitividade e visão sinótica, possibilita detectar as tendências da expansão urbana, como também o registro permanente das relações entre os fenômenos urbanos e todo o ambiente regional.

Os sensores remotos a bordo dos novos satélites são cada vez mais adequados a estudos urbanos, em função do aumento do poder de resolução espacial, espectral e radiométrica. Assim, os sensores orbitais do tipo "Thematic Mapper" (TM) com resolução de 30m e 7 bandas espectrais, como também os sensores "High Resolution Visible" (HRV) com resolução espacial de 20m para as 3 bandas multiespectrais e 10m para a banda pancromática, podem contribuir para o desenvolvimento de uma série de estudos urbanos.

A proposta metodológica apresentada neste trabalho para o estudo da expansão e estruturação do espaço urbano na Área Metropolitana de São Paulo mostra a utilização de dados de sensoriamento remoto em diferentes níveis e escalas de observação (Foresti, 1986).

A metodologia propõe a observação da dinâmica espacial urbana no período de 10 anos (1975 a 1985) e a utilização de produtos MSS e TM - LANDSAT, HVR - SPOT, fotografias aéreas pancromáticas, fotos obtidas de sobrevôo de helicóptero e dados de campo. Os diferentes produtos são utilizados dependendo da abrangência e escala do fenômeno a ser observado.

A área experimental para teste metodológico corresponde ao Setor Oeste da Área Metropolitana de São Paulo. A seleção deste setor foi feita a partir da análise da mancha urbana contínua da Área Metropolitana de São Paulo no período de 1986 a 1984 (Figura 2).

A análise da Figura 2 permite a visualização da tendência da expansão urbana predominante no sentido leste - oeste. Além disto, várias, formas de expansão urbana são perceptíveis.

A primeira delas é constituída pela absorção de núcleos que já foram ou ainda são fisicamente destacados da cidade central ou da massa edificada principal da metrópole. Tem-se por exemplo Embu, Cotia, Itapevi, entre outros, que pela delimitação da mancha urbana, em 1976 eram caracterizados como núcleos isolados.

Observa-se que muitos vazios intra-urbanos são urbanizados neste período especialmente nos setores sudoeste (Taboão da Serra, Embu, Itapeçerica da Serra) e também nos setores sudeste e nordeste.

A irregularidade, e descontinuidade do limite urbano da Área Metropolitana de São Paulo denotam a precariedade do planejamento e controle.

A expansão da metrópole paulista que no passado seguiu os eixos ferroviários se faz atualmente ao longo das principais rodovias. Por exemplo, ela é nítida ao longo das rodovias Raposo Tavares e Regis Bittencourt.

No setor nordeste apresenta-se como eixo de expansão a rodovia Presidente Dutra e mais recentemente a rodovia dos Trabalhadores.

No setor oeste ao longo da rodovia Castelo Branco, inicialmente em forma de espinha de peixe, a urbanização começa a mostrar características de adensamento.

Identificou-se assim um dos setores onde a expansão urbana ocorreu de maneira intensa e que mereceria um estudo detalhado em termos de estruturação urbana e impacto ambiental.

O setor oeste de São Paulo, para fins deste estudo, é constituído parcialmente por Osasco, Carapicuíba, Barueri, Itapevi, Jandira e Santana do Parnaíba. No entanto, a área de maior interesse concentra-se especialmente na área urbanizada ou em fase de urbanização, não havendo uma preocupação com o limite administrativo destes municípios.

2. MÉTODO

Uma das dificuldades do planejamento urbano é a falta de informações relativas às tendências do crescimento urbano considerado nas suas dimensões espaciais e temporais.

As técnicas convencionais para o monitoramento do crescimento urbano, que envolvem levantamento de campo e/ou aerofotogramétrico, ambos dispendiosos em tempo e recursos, têm se mostrado inadequadas à realidade brasileira, principalmente pela morosidade com que são obtidos os dados finais.

Uma alternativa razoável na solução deste problema é o uso de dados multitemporais em nível orbital, através da aplicação da técnica de registro automático de imagens no IMAGE-100. Esta técnica permite que se avaliem alterações ocorridas na estrutura urbana no decorrer de um período de tempo entre duas ou três datas limites através da análise da composição colorida multitemporal, a qual tem associada as cores azul e verde para as passagens mais antigas e a cor vermelha para a data mais recente.

As composições coloridas do Setor Oeste de São Paulo analisadas neste trabalho foram obtidas para o período de 8 anos (1976 a 1984) para avaliar as tendências gerais da expansão urbana e também no período de 1 ano (1985 - 1986) para conhecimento da taxa de expansão urbana em períodos curtos.

A análise das composições coloridas multitemporais permitiu identificar as áreas alteradas nos dois períodos de análise. Estas áreas foram delimitadas e transpostas para cartas topográficas na escala de 1:50.000 a fim de facilitar a localização e identificação, no campo, do uso do solo de todas as áreas alteradas.

Uma primeira análise do uso do solo destas áreas alteradas foi realizada através da composição colorida na escala 1:50.000, obtida da combinação das bandas 5, 3 e 4 do sensor TM - LANDSAT associadas respectivamente às cores azul, verde e vermelho. Esta combinação dos canais TM se mostrou a mais adequada neste estudo e permitiu através dos arranjos texturais e variações de tonalidade, a separação de unidades homogêneas de ocupação urbana. Assim, são bem definidas as áreas densamente construídas em cor ciano e textura lisa. Os loteamentos recentes, as áreas de terraplenagem e áreas de uso tipicamente industrial podem ser visualizadas em tonalidades claras (tendendo ao branco), devido principalmente à contribuição espectral do solo, como é o caso das áreas de terraplenagem com a remoção da cobertura vegetal. As formas para os alvos de grande dimensão, especialmente indústrias, também são bem definidas neste tipo de composição colorida.

A análise da estruturação urbana foi aprofundada a partir de dados pancromáticos do sensor HRV - SPOT ampliados para a escala 1:50.000. Foi possível através desses dados uma identificação mais precisa dos componentes urbanos como vias de acesso, principais avenidas, melhor definição do limite urbano etc.

Algumas áreas típicas de expansão urbana foram selecionadas para estudo detalhado do ambiente urbano. Foi possível a ampliação desses segmentos para a escala aproximada de 1:10.000 dos dados digitais pancromáticos do satélite SPOT. Estes segmentos urbanos puderam ser assim caracterizados:

- terraplenagem para expansão do Condomínio Alfaville no município de Santana do Parnaíba;
- área residencial do Condomínio Alfaville no município de Barueri;
- loteamento popular no município de Osasco;
- loteamento popular no município de Carapicuíba;
- terraplenagem para implantação de grandes indústrias no município de Barueri.

Após a análise detalhada desses segmentos selecionados, foram realizadas inspeções de campo e sobrevôo de helicóptero para uma caracterização precisa dos diferentes tipos de uso e ocupação do solo urbano.

A inspeção de campo e de helicóptero, avaliou todas as áreas que se mostraram alteradas na composição colorida multitemporal, totalizando 50 pontos aproximadamente, para uma melhor avaliação da organização espacial neste setor da área metropolitana de São Paulo. Assim, foi possível no campo, a verificação do padrão sócio-econômico dos novos loteamentos, da especificação das indústrias, da estruturação intra urbana (crescimento vertical ou edificação horizontal). O sobrevôo de helicóptero permitiu avaliar a magnitude das áreas alteradas e a visão global da estrutura urbana.

3. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos neste trabalho de pesquisa evidenciam a importância dos dados de sensoriamento remoto em nível orbital na avaliação e monitoramento ambiental da expansão urbana que, no caso deste estudo, se refere ao Setor Oeste da Área Metropolitana de São Paulo.

A disponibilidade de dados MSS a partir de 1972, com o lançamento do primeiro satélite da série LANDSAT, possibilita a recuperação da informação em nível orbital, num período de tempo significativo para avaliação das tendências da organização espacial urbana.

Além da avaliação da expansão e estruturação do espaço urbano, essa metodologia permite também analisar os impactos ambientais relacionados à expansão urbana.

Observou-se que a retirada da cobertura vegetal para os grandes empreendimentos imobiliários é o fator de desencadeamento da erosão do solo. Os índices de cobertura vegetal permitem inferir processos de degradação em níveis diferenciados, quando associados por exemplo a parâmetros do relevo e características das chuvas.

As observações de campo permitiram uma avaliação qualitativa dos níveis de degradação ambiental para as classes de uso do solo alteradas no período de 1976 a 1984.

As áreas urbanizadas puderam ser individualizadas com altos e baixos índices de cobertura vegetal em determinadas fases de sua instalação. Por exemplo, a implantação de bairros residenciais de classe alta como o Alfaville, Morada dos Pássaros, Morada das Estrelas, etc., inicia-se com a retirada total da vegetação (índices de 0,0 a 0,3) na maioria dos casos, para na fase final de ocupação apresentarem índices muito altos de cobertura vegetal (0,6 a 0,9).

Nem sempre na implantação inicial dos loteamentos residenciais de baixo padrão é feita a retirada total da vegetação.

No entanto, à medida que são feitas as edificações, há um adensamento residencial alto e a cobertura vegetal passa a apresentar índices muito baixos.

As áreas industriais, tanto na fase de instalação como de funcionamento, apresentam índices de cobertura vegetal muito baixos. Por outro lado, as chácaras residenciais mantêm índices altos em todas as fases desde a implantação até o assentamento urbano propriamente dito.

Foram estabelecidos no campo os seguintes níveis de degradação do solo: alta, média e baixa. O estabelecimento desses níveis baseou-se unicamente em observações visuais de campo, através de análise subjetiva, pela constatação de como o ambiente está respondendo à interferência antrópica nas áreas de expansão urbana. Os níveis de degradação foram observados pela presença de erosão em sulcos, ravinamento e até mesmo erosão laminar.

Verifica-se que o fator desencadeador do processo de degradação do solo é a retirada da vegetação, num determinado momento da organização espacial urbana. Quando há substituição ao longo do processo de implantação urbana por áreas construídas, ajardinamento, arborização, etc., o processo de degradação do solo é interrompido. Desta forma a retirada da vegetação por si só, não implica obrigatoriamente a degradação do solo.

Os resultados desta pesquisa com as observações ao nível de detalhamento de análise local (campo e sobrevôo de helicóptero) mostraram que a degradação ambiental no Setor Oeste de São Paulo está relacionada muito mais ao aspecto econômico da implantação dos projetos do que propriamente às características físicas favoráveis ou desfavoráveis da área.

Concluindo, pode-se salientar a falta de planejamento integrado nas Áreas Metropolitanas. A região metropolitana existe como organização física com delimitação própria e configuração política. No entanto, quando se estuda um setor, como o Setor Oeste de São Paulo, englobando 6 municípios parcialmente, não se percebe qualquer tipo de planejamento global envolvendo toda a área. É perceptível que a solução dos problemas se dão em nível municipal. O órgão metropolitano no Brasil não tem função administrativa o que não lhe dá competência para a organização do espaço metropolitano de forma integrada.

4. BIBLIOGRAFIA

EMPRESA METROPOLITANA DE PLANEJAMENTO DA GRANDE SÃO PAULO (EMPLASA). *Suário de Dados da Grande São Paulo - 1985*. São Paulo, 1986.

FORESTI, C. *Avaliação e monitoramento ambiental de expansão urbana do setor oeste da Área Metropolitana de São Paulo: análise através de dados e técnicas de sensoriamento remoto*. Tese de Doutorado em Geografia Física. São Paulo, Departamento de Geografia da FFLCH da Universidade de São Paulo, 1986.

KOWARICK, L.; CAMPANÁRIO, M. *São Paulo metrópole do subdesenvolvimento industrializado: consequências sociais do crescimento da crise econômica*. Trabalho apresentado no Simpósio "A crise e a metrópole, São Paulo, mar., 1985.