

## Caracterização espaço-temporal por sensoriamento remoto da expansão urbana na APA Petrópolis

Alessandra Carreiro Baptista<sup>1</sup>  
Maria Lúcia Calijuri<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Viçosa - UFV  
Programa de Pós-Graduação em Geotecnia Ambiental  
Departamento de Engenharia Civil - Sala 320 - 36570-000 - Viçosa - MG, Brasil  
acbaptista@gmail.com

<sup>1</sup> Universidade Federal de Viçosa - UFV  
Programa de Pós-Graduação em Geotecnia Ambiental  
Departamento de Engenharia Civil - Sala 320 - 36570-000 - Viçosa - MG, Brasil  
calijuri@ufv.br

**Abstract.** The Environmental Protection Area - EPA (Southeast Brazil) presents potential characteristics for developing mass movements risk areas as it is located in a region with steep topography which has been suffering an accelerated and disordered occupation. This work has the aim of characterize urban occupation increase. Based upon an Environmental Zoning of Petrópolis EPA the existing environmental impacts processes and their main physical and anthropic causes and factors were pointed out. The methodology used allows the production of reliable data that can be used by local authorities for future decisions and urban planning.

**Palavras-chave:** remote sensing, urban expansion, environmental impacts, sensoriamento remoto, expansão urbana, impactos ambientais.

### 1. A APA Petrópolis

Petrópolis é uma das quatro glebas disjuntas que constituem a APA Petrópolis, criada em 1982, pelo Decreto Federal 87.561, de 13/09/82 e oficializada em 1992. É a primeira APA federal criada no país. Foi instituída com o intuito de ampliar o conhecimento e facilitar o entendimento sobre as origens da ocupação das terras envolvidas pela APA, notadamente as terras petropolitanas, e sua influência nas áreas subjacentes a sua periferia, bem como sua evolução até os dias atuais e levando-se em consideração as terras limites com os municípios de Duque de Caxias, Magé e Guapimirim que têm a sua porção dentro da Unidade de Conservação, FNMA/Instituto Ecotema (2001).

A cidade de Petrópolis e os núcleos urbanos ocupados pelos Municípios de Duque de Caxias, Magé e Guapimirim, envolvidos pela APA, não fogem à regra do rápido crescimento populacional observado na maioria das cidades dos países em desenvolvimento e, principalmente, no Brasil, onde a taxa de urbanização atinge hoje cerca de 80 %. Neles, verifica-se que esse crescimento não foi acompanhado pelo crescimento e melhoria das infra-estruturas, que contribuem decisivamente para a qualidade de vida, e nem foi objeto de políticas públicas que evitassem os impactos negativos sobre os recursos naturais, que vêm tornando-se escassos diante da forma desordenada de sua expansão sobre a periferia (FNMA/Instituto Ecotema, 2001).

Segundo Gonçalves e Guerra (2001), foi a partir da década de 60 até o início de década de 80 que o crescimento populacional tornou-se expressivo. Nesse período, foram verificadas as maiores taxas de crescimento populacional e identificados os maiores problemas ambientais, decorrentes do crescimento acelerado e o empobrecimento da população em função da crise que afetou as indústrias locais, mais acentuadamente na década de 70. A população de baixo

poder aquisitivo passou a ocupar as encostas que até então estavam preservadas por sua vegetação e devido às limitações impostas pelo relevo.

Em 1991, a população total da APA era de 234.141 pessoas, das quais 95,4% encontravam-se no município de Petrópolis, ou seja, 223.283 pessoas; 2,7% no município de Duque de Caxias, num total de 6.359 pessoas; 1,2% em Guapimirim perfazendo um total de 2.913 pessoas e 0,7% em Magé, totalizando 1.586 pessoas (FNMA/Instituto Ecotema, 2001).

Nesse contexto e utilizando-se de técnicas de sensoriamento remoto, este trabalho teve como objetivo identificar e caracterizar a evolução urbana, entre os anos de 1985 e 2004, a partir da classificação de imagens orbitais, em épocas distintas.

### 3. Metodologia

A grande variabilidade espacial das características físicas contidas na APA Petrópolis coloca em evidência o uso de dados de sensoriamento remoto como provedor de uma base de dados através de imagens de satélites.

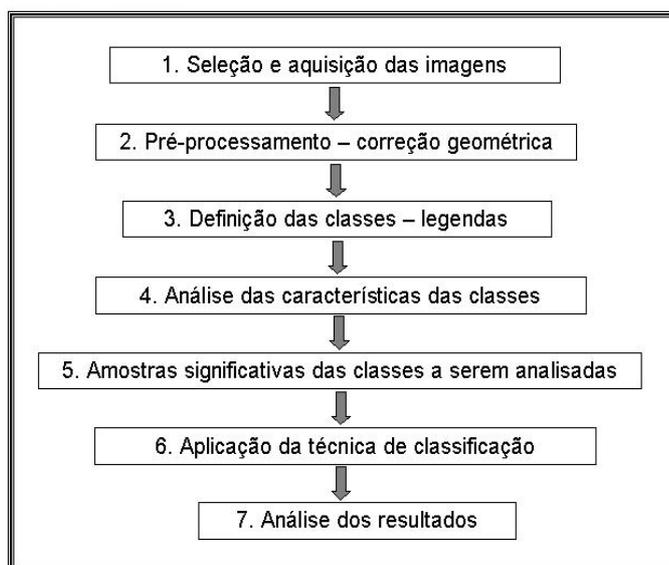
A expansão urbana foi caracterizada por meio da classificação de imagens orbitais, de onde foram extraídas informações para o reconhecimento de padrões e objetos homogêneos.

Para este fim, foram utilizadas três imagens orbitais (órbita-ponto 217,076 – sistema Landsat e órbita-ponto 151,125 – do programa sino-brasileiro:CBERS). A primeira, do Landsat 5-TM, com data de 05 de agosto de 1985 e a segunda, do Landsat 7-ETM+, com data de 06 de agosto de 2001 e a terceira do CBERS, 31 de agosto de 2004. Todas as imagens foram trabalhadas no sistema de tratamento de imagens do software GIS Idrisi, Version Kilimanjaro, maio de 2003, © The Clark Labs for Cartographic Technology and Geographic Analysis. Este software foi escolhido por ser didático, por possuir uma interface gráfica de fácil entendimento e pelo custo relativamente baixo.

O software Spring versão 4.1, Instituto de Pesquisas Espaciais – INPE, Copyright © 2004 foi utilizado para o georreferenciamento da imagem CBERS, tendo como base o mapa da malha viária cedido pelo FNMA/ Instituto Ecotema, na escala 1:25.000, alcançando um valor do erro residual do georreferenciamento inferior a um pixel.

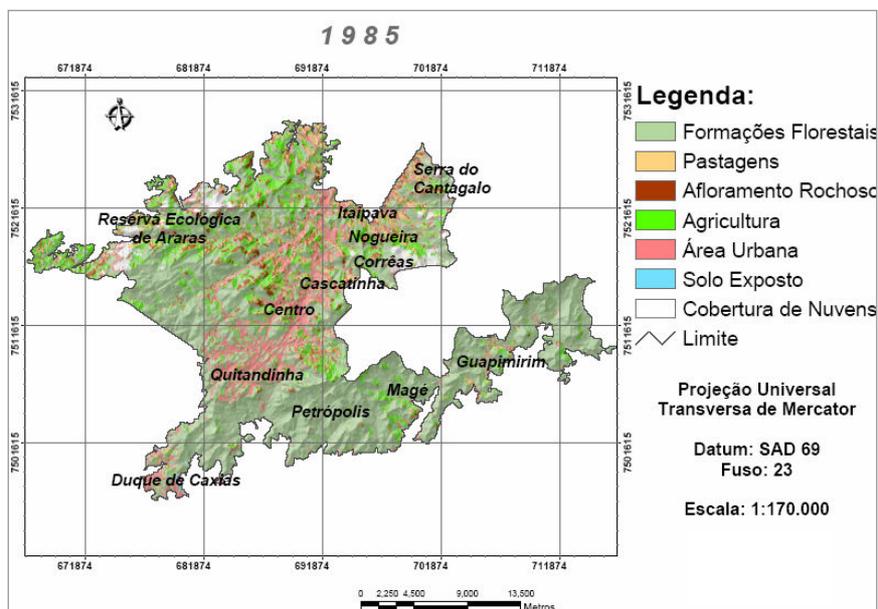
A metodologia sugerida segue o fluxograma apresentado no Quadro 1.

**Quadro 1** – Fluxograma das atividades.

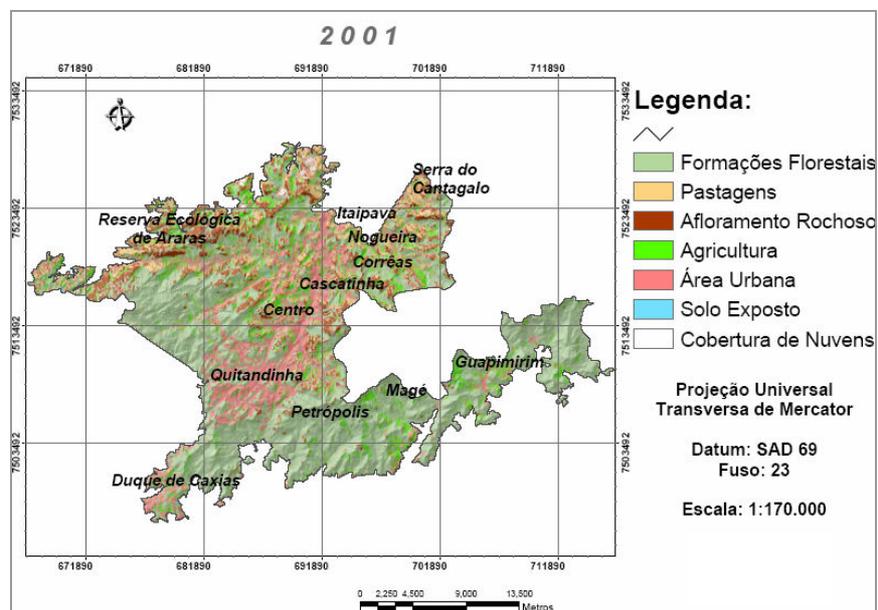


#### 4. Resultados e Discussão

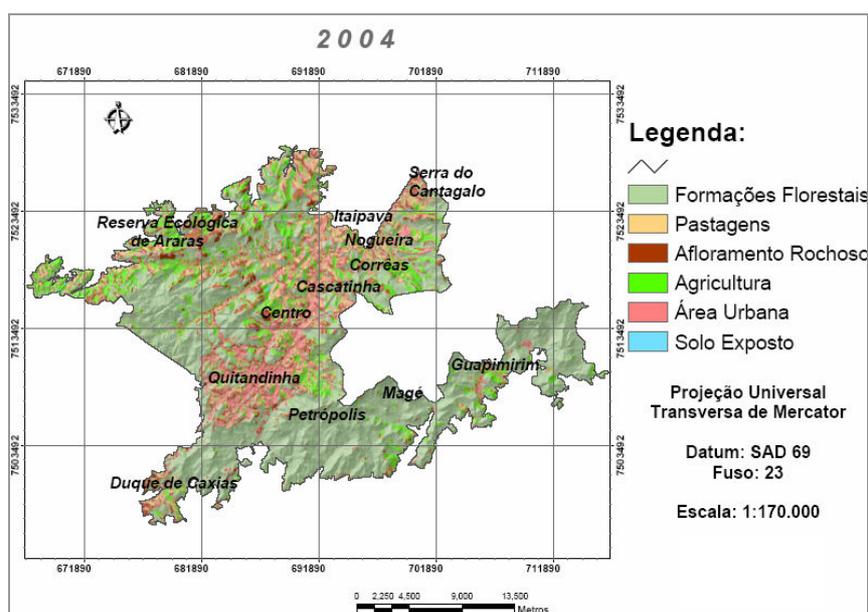
Foram realizadas três classificações supervisionadas pelo algoritmo da Máxima Verossimilhança, uma para a imagem de 05/08/1985, outra para a imagem 06/08/2001 e para a imagem 31/08/2004, como mostram as **Figuras 1, 2 e 3**.



**Figura 1** – Uso da terra na APA Petrópolis, ano de 1985.



**Figura 2** – Uso da terra na APA Petrópolis, ano de 2001.



**Figura 3** – Uso da terra na APA Petrópolis, ano de 2004.

O levantamento do uso da terra é de grande importância, na medida em que os efeitos do uso desordenado causam deterioração no ambiente. A expressão "uso do solo" pode ser entendida como a forma pela qual o espaço está sendo ocupado pelo homem.

No período entre 1985 e 2004, o processo de urbanização foi acompanhado de profundas alterações no uso e ocupação do solo, como mostra o Quadro 2.

**Quadro 2** – Uso da terra na APA Petrópolis, para os anos de 1985, 2001 e 2004.

CLASSES	ÁREA (km <sup>2</sup> )		
	1985	2001	2004
Mata	346,75	306,60	320,86
Pastagem	33,38	48,16	37,80
Afloramento Rochoso	41,21	56,00	44,04
Agricultura	78,57	78,06	89,29
Área Urbana	68,85	97,75	100,91
Solo Exposto	2,23	5,26	1,90
Nuvem	23,81	2,97	-
<b>TOTAL</b>	<b>594,80</b>	<b>594,80</b>	<b>594,80</b>

Mais de 50% da área de proteção ambiental se encontra ainda com cobertura vegetal natural, composta em sua maioria por extensos fragmentos florestais, sendo a classe “Formações Florestais” composta, principalmente, pelas áreas da Reserva Ecológica da Alcobaça, Serra da Maria Comprida, pelo trecho da Fazenda Inglesa-Rocio e morrotes no perímetro urbano municipal, em Petrópolis; pelo Parque Municipal da Taquara no Município de Duque de Caxias e pelo trecho ao longo do córrego Itacolomi, em Magé. A área protegida é coberta por diferentes tipos de vegetação que variam das densas florestas à vegetação rasteira.

A floresta ombrófila densa é a comunidade clímax da região, integrante da Mata Atlântica, tem sua maior expressão nas serras onde nascem os rios e córregos que vertem para

a Baixada ou ainda as florestas das cabeceiras do córrego do Meio e o rio da Cidade que deságuam na bacia do rio Paraíba do Sul. Diversas manchas de florestas, de vários tamanhos, também estão dispersos por toda a APA. Em princípio, a distinção desses tipos diferentes não foi considerada essencial, e a vegetação foi então generalizada em uma classe apenas.

A classe “Pastagem” engloba todas as feições diferentes das demais classificadas e não somente áreas típicas de pastagens, como são as correspondentes à cobertura vegetal graminóide e gramíneo-herbácea, de origem antrópica, utilizada, principalmente, para o criatório de animais bovinos e eqüinos.

Os afloramentos rochosos são superfícies de rochas expostas apresentando, por vezes, pequenas áreas recobertas por fina camada de materiais decompostos (solos incipientes), a vegetação é gramíneo-herbácea e arbustiva em alguns trechos.

Afastados dos principais centros urbanos, estão os sítios de pequena produção, com agricultura de subsistência e criação de pequenos animais, cuja produção excedente é comercializada na vizinhança e os sítios de lazer ou condomínios de luxo, onde a distância não compromete o nível de qualidade de vida, o que vem a ser compensado pela tranquilidade e pela natureza ainda preservada.

A mancha urbana, representativa do crescimento da ocupação, apresenta em Petrópolis características bastante significativas das transformações antrópicas pelas quais a cidade passou entre os anos de 1985 e 2004.

A ocupação pode ser, também, caracterizada por uma ocupação desordenada, mas em áreas não adensadas, seja por invasões ou por ocupação “orientada”, onde foi feito um parcelamento e distribuição de lotes sem critérios urbanísticos ou dentro das regulamentações municipais, com o agravante ainda de serem em áreas protegidas por lei.

Nos Distritos petropolitanos envolvidos pela APA e nos núcleos urbanos dos demais municípios, a ocupação apresenta um nível acentuado de habitações com características de sub-habitação e favelização, em áreas até então valorizadas pelo mercado imobiliário.

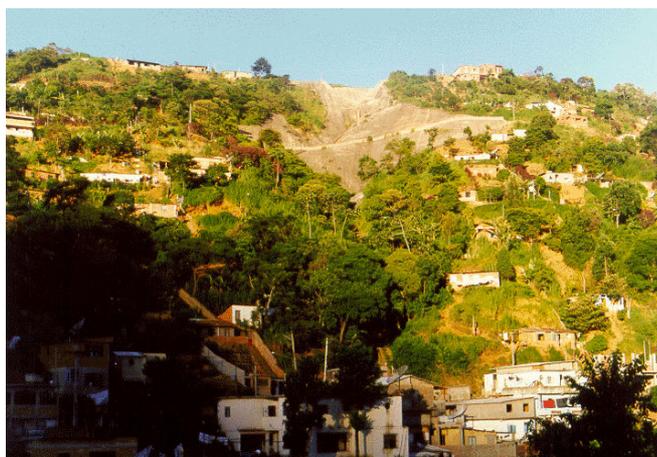
Como este trabalho enfocou a construção da paisagem pela expansão urbana, procurou-se ainda listar e analisar as atividades que têm como consequência impactos negativos à paisagem local:

#### **4.1. Ocupação das Encostas e Topos de Morro**

A região onde se encontra situada a área urbana da APA Petrópolis tem sua topografia formada por relevo acidentado com grandes desníveis altimétricos, tornando-se um obstáculo para o crescimento da cidade.

Observa-se que até 1960 a existência de vales que possibilitassem a expansão dos núcleos urbanos, principalmente em Petrópolis, evitou a ocupação das encostas dos morros, não havendo, portanto, impactos negativos diretos sobre a topografia local.

A partir de 1970, a cidade de Petrópolis entrou num processo de urbanização acelerado, principalmente depois da construção da rodovia Rio-Juiz de Fora (atual BR 040) em meados de 1970 e mesmo possuindo códigos e decretos que regulamentassem a forma de ocupação, essa se deu de forma desordenada. Como os fundos dos vales já se encontravam urbanizados, passou-se a ocupar as encostas desses vales, como ilustra a **Figura 4**, onde se observa uma antiga voçoroca tratada com concreto projetado e escadas de drenagem.



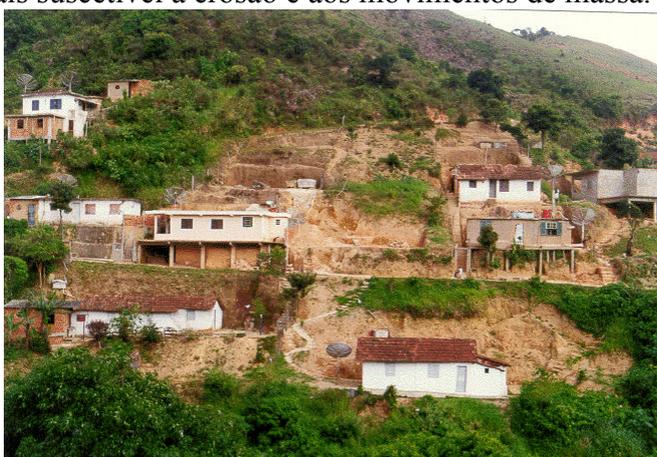
**Figura 4:** Ocupação intensa no morro da Glória, em Corrêas, Petrópolis (Fonte: FNMA/Instituto Ecotema, 2001).

#### **4.2. Cortes e Aterros que Comprometem a Estabilidade do Solo**

As características naturais de uma região influenciam decisivamente o processo de expansão urbana e a determinação do uso do solo adequado para certa área. De acordo com o tipo de solo estão relacionadas características relativas à resistência a cargas, umidade, plasticidade, permeabilidade, etc., que devem ser levadas em conta na elaboração de projetos destinados à execução de obras da construção civil.

O alto índice pluviométrico da região e a remoção da cobertura vegetal natural vêm contribuindo para o aumento da água superficial de escoamento, o que por sua vez, desencadeia processos erosivos e escorregamentos de solo e rochas.

A ocupação das encostas, posteriormente à década de 70, é o fator que oferece maior risco ambiental. Até então, as construções, por estarem situadas em áreas relativamente planas, não requeriam grande movimentação de terra, não comprometendo, portanto, a estrutura natural do solo. A **Figura 5** mostra os cortes no talude para construção de casas, deixando o solo exposto, tornando-o mais suscetível à erosão e aos movimentos de massa.

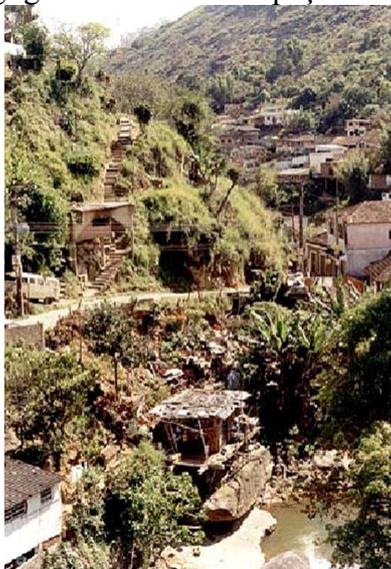


**Figura 5:** Ocupação em encosta no bairro Santa Isabel (Fonte: FNMA/Instituto Ecotema, 2001).

#### **4.3. Ocupação ao Longo dos Recursos Hídricos**

Com o processo de urbanização acelerado, a partir da década de 70, o descumprimento às leis de proteção e preservação ambientais levou a níveis extremos a magnitude dos impactos que vinham sendo causados (**Figura 6**). O aumento da população levou ao aumento da quantidade

de esgoto lançado nos corpos d'água. Uma vez que os terrenos adjacentes aos rios já haviam sido loteados, a concentração populacional da área central da cidade de Petrópolis e dos fundos de vale levou a uma grande ocupação da região do entorno, comandada pela especulação imobiliária que negligenciava a não-ocupação nas distâncias previstas por lei.



**Figura 6:** Sub-habitação dentro do rio na Ponte de Ferro, Cascatinha, Petrópolis (Fonte: FNMA/Instituto Ecotema, 2001).

A qualidade da água de um manancial varia no tempo e no espaço. A qualidade da água de um rio, ao longo de seu curso, pode variar em função da região que atravessa. Com o passar do tempo, na medida em que se processa a ocupação urbana de uma área, a tendência é de piorar a qualidade de seus corpos d'água, a menos que se tomem medidas de preservação e/ou restrições de uso.

A ocupação das encostas e a conseqüente remoção da cobertura vegetal contribuem para o aumento da água de escoamento superficial. Este fato acarreta a condução de impurezas para os cursos d'água e para as vias situadas nos fundos de vale. Na APA Petrópolis, as encostas são ocupadas predominantemente por bairros residenciais, como conseqüência, os poluentes trazidos pela água de chuva são sólidos sedimentáveis de vários tipos e tamanhos, provenientes de cortes no terreno, lixo doméstico e lixo das obras de construção civil. Os principais impactos causados por esse fator são a excessiva turbidez da água e o assoreamento, onde se observa o grande assoreamento na margem direita do Rio Piabetá, com destaque para a ocupação por moradias na margem esquerda.

#### **4.4. Remoção da Cobertura Vegetal**

Entende-se que, no processo de transformação do território, é inevitável a remoção da vegetação existente, mas existem critérios e limites para minimizar os impactos advindos desse procedimento.

Os maciços florestais presentes na APA são entremeados por vegetação rupestre, que ocorre próxima aos afloramentos rochosos e por vegetação secundária, nos estágios inicial e intermediário de sucessão vegetal. A vegetação secundária ocorre nas áreas onde foram marcantes as atividades antrópicas ou os fenômenos naturais, como queda de árvores e deslizamentos de encostas.

O estágio inicial de sucessão vegetal secundária é expressivo em toda APA Petrópolis, entretanto, sofre freqüentes modificações em função de queimadas, levando ao esgotamento do solo.

A ocupação dos fundos de vale foi transformando a paisagem. A vegetação foi sendo removida, dando lugar a pastagens e cultivos agrícolas. Em 16 anos, a área representada por pastagens aumentou em 14,78 km<sup>2</sup>, ou seja, 0,92 km<sup>2</sup>/ano, aproximadamente.

A mancha urbana cresceu em 1,80 km<sup>2</sup>/ano, enquanto as formações florestais tiveram uma redução 2,50 km<sup>2</sup>/ano, entre os anos de 1985 e 2001.

O crescimento acelerado e desordenado acarretou a supressão indiscriminada da cobertura vegetal do solo, não poupando as encostas, topos de morro e margens dos rios (**Figura 7**).

A vegetação encontra-se intrinsecamente relacionada com os impactos ambientais originados pela ocupação das encostas e das áreas frágeis em virtude da composição do solo e conformidade do relevo.



**Figura 7:** Ocupação do Morro do Moinho, Petrópolis (Fonte: FNMA/Instituto Ecotema, 2001).

Além de ser um elemento fundamental para a estabilidade do ecossistema urbano, a vegetação apresenta-se como componente evidente na paisagem urbana. A não-preservação de áreas verdes, como consequência da ocupação aleatória, comprometeu o controle e a harmonia visual da APA.

Parcela significativa da população ocupa, hoje, as encostas e áreas de declividade superior a 45%, além das várzeas dos rios e fundos de vales, de forma descriteriosa, irregular e ilegal.

## 5. Conclusão

As imagens de satélite Lansat e CBERS constituíram-se em um instrumento satisfatório para a obtenção do uso e ocupação do solo, em escala regional, ressaltando o uso de imagens orbitais pelos custos mais baixos e pelas informações nelas contidas. Cumpre, ressaltar, entretanto, que para a obtenção de mapas temáticos em escalas maiores ou para a demarcação de características superficiais do terreno, recomenda-se recursos de sensoriamento remoto com uma melhor resolução espacial.

O padrão de uso do solo urbano muda rapidamente em resposta às forças econômicas, sociais e ambientais. A caracterização de mudanças no uso do solo é um dos instrumentos para promover um gerenciamento adequado dos problemas que acompanham o crescimento.

## 6. Referências Bibliográficas

FNMA/INSTITUTO ECOTEMA. **Zoneamento Ambiental da APA Petrópolis**. Petrópolis, 2001. 451p.

GONÇALVES, L. F. H.; GUERRA, A. J. T. Movimento de massas na cidade de Petrópolis (Rio de Janeiro). In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. P. (Eds) **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. 189-252p.