

## **Análise de urbanização em áreas declivosas, como uma das etapas da Avaliação Ambiental Estratégica (AAE), visando o desenvolvimento local.**

Cristiane Mansur de Moraes Souza<sup>1</sup>  
Luana Schmitt Montero<sup>1</sup>  
Veraldo Liesenberg<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Regional de Blumenau - FURB  
Caixa Postal 120 - 89010972 - Blumenau - SC, Brasil  
cristianemansur@terra.com.br  
luana@al.furb.br

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Bolsista DTI-7F/CNPq – vlberg@ltid.inpe.br

**Abstract.** Land use, especially housing and road building in high slope steepness areas are considered to be the primary cause of urban environmental problems in many parts of the world. To test this perception, we quantified changes and rates of change in land use composition within three districts in Northern Blumenau, (Southern Brazil) using 2002 Landsat Image, by a landscape classification included four dominant cover types. Increases in urbanized areas, by % respectively, reflect expansion of the Northern area of the city covering the old rural areas. The main purpose of this study is to identify where the land uses conflicts in the districts Itoupavazinha, Itoupava Central and Fidélis, using GIS technology. We found out “very high” land use conflicts when housing and road building in high slope steepness or when they are in flowed areas considered inappropriate following previous studies of vulnerability to urbanization. High Vulnerability to urbanization plus urban or built-up landscape is here considered a high conflict. Results from this study are key elements in assessing the links between Strategic Environmental Assessment (current scenery) and GIS technology (management activities).

**Palavras-chave:** land use, conflicts, urban planning, strategic environmental assessment, conflito de uso do solo, planejamento urbano, avaliação ambiental estratégica.

### **1. Introdução**

A urbanização em áreas declivosas é considerada a causa primordial de problemas ambientais como os deslizamentos em muitas partes do mundo. No Brasil, a legislação urbano-ambiental exige apenas uma avaliação ambiental ou o estudo de impacto ambiental em casos específicos. Como exemplo temos as normas publicadas pelo CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) na sua resolução 237/97. Esta norma diz respeito à ocupação urbana em áreas declivosas sujeita a impactos ambientais não mensuráveis. Com o crescente desenvolvimento dos aspectos legais nas questões ambientais, começa a surgir uma nova abordagem nos processos de avaliação ambiental. Um destes métodos de avaliação é a AAE (Avaliação Ambiental Estratégica). A AAE é uma avaliação a nível estratégico, ou seja, realizada, no caso do planejamento urbano estratégico, antes da submissão do plano diretor ou do desenvolvimento urbano estratégico para a aprovação no legislativo. Segundo Bonduki (2004), “*O Plano Diretor é a lei que orienta como a cidade deve funcionar e crescer para atender as necessidades da população, e como deve ser o desenvolvimento das atividades econômicas, de forma a viabilizar a preservação ambiental, qualidade de vida e o pleno acesso a moradia, ao trabalho, ao lazer e aos serviços, equipamentos e infra-estrutura básicos*”.

A AAE pode ser usada para avaliar propostas de desenvolvimento estratégico, diversos pesquisadores e organizações internacionais têm proposto nos últimos anos a utilização da Avaliação Ambiental Estratégica (AAE), teve como origem do inglês *Strategic*

*Environmental Assessment* (SEA), definida por Partidário e Clark (2000, p.10) “Um processo sistemático para avaliar as conseqüências ambientais de políticas, planos e programas de forma a assegurar que elas sejam integralmente incluídas e apropriadamente consideradas num estágio inicial e apropriado do processo de tomada de decisão, juntamente com as considerações de ordem econômica e social”. Contudo, a legislação ambiental brasileira não exige que se faça Avaliação de Impacto Ambiental de planos diretores e ou programas de desenvolvimento estratégico, a exemplo da legislação européia, que exige AAE – Avaliação Ambiental Estratégica. O Ministério do Meio Ambiente - MMA está desenvolvendo um programa de capacitação em AAE desde 2005 e pretende capacitar quadros técnicos governamentais, a partir de casos pilotos reais, apesar de no Brasil a AAE, ainda não ser regulamentada.

O interesse de pesquisadores com problemas relacionados com a definição de intervalos de declividade a partir de critérios técnicos de fragilidade não é recente. Segundo IPT (1991), Ross (1994), De Biasi (1996) e Valente (1996), intervalos de declividades são definidos a partir de critérios técnicos de fragilidade ao uso e ocupação do solo. Mas estes autores não apresentam um consenso com referência às classes de maior ou menor susceptibilidade. O aspecto em comum é a consonância com a Lei Federal 6766/79. Esta lei estabelece que: “em áreas com declividade acima de 30% (15°) não será permitido o loteamento do solo”. “Áreas com declividade acima de 30% são consideradas bastante declivosas, o que dificulta e onera a urbanização, pela sua maior suscetibilidade à erosão e pela instabilidade das encostas, quando da retirada da vegetação e dos trabalhos de movimentação da terra”.

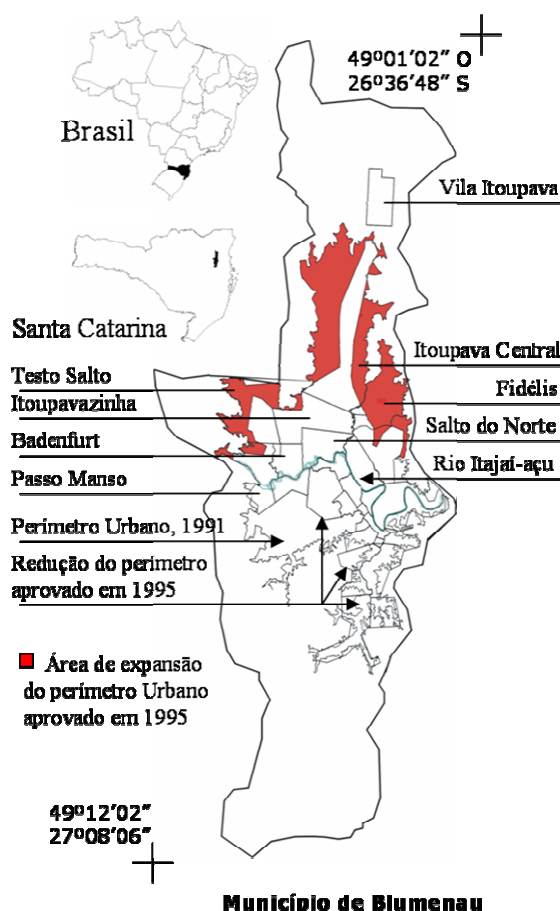
IPT (1991) também estipula valores e intervalos de declividades, sendo eles: 0 a 15% inclinação máxima longitudinal tolerável nas vias para circulação de veículos; 15 a 30% inclinação máxima prevista por lei para ocupação de encostas; 30 a 50% limite de declividade tecnicamente recomendável para ocupação; e superior a 50% as áreas que possuem alta declividade e podem ser utilizadas para urbanização, embora sejam onerosos. Ross (1994), estabelece uma categoria hierárquica de classes de declividade através de estudos de capacidade de uso e de aptidão agrícola. Este autor associa valores de limites críticos da geotecnia, indicativos do vigor dos processos erosivos, dos riscos de escorregamentos e/ou deslizamentos e de inundações freqüentes. Neste trabalho são propostas cinco classes de declividade: até 6% grau de declividade muito baixa; 6 a 12% fraca; 12 a 20% média; 20 a 30% forte; e acima de 30% muito forte.

Para De Biasi (1996) a definição das classes de declividade devem atender a um aspecto mais amplo, seja na área urbana ou rural, definindo assim cinco classes de declividades: inferior a 5% - limite urbano-industrial, 5 a 12% - limite máximo do emprego da mecanização na agricultura, 12 a 30% - limite máximo para urbanização sem restrições definido por Legislação Federal (Lei 667/79), 30 a 47% - limite máximo de corte raso, a partir do qual a exploração só será permitida se sustentada por cobertura de floresta (Código Florestal Lei nº 4771/65 de 15/09/65), acima de 47% - proibida a derrubada de florestas, sendo tolerável apenas a extração de toros, em regime de utilização racional visando a rendimentos permanentes (Artigo 10 do Código Florestal).

Segundo Valente (1996) para a identificação das áreas com restrições ao uso urbano são inicialmente estabelecidas classes referentes ao maior ou menor grau de limitações físicas e legais oferecidos pelo meio físico à ocupação urbana. São definidas quatro classes: Classe I (3 a 15%) ótimo para ocupação urbana e edificações de habitação convencionais; Classe II (15 a 30%) embora não sejam áreas totalmente desfavoráveis à ocupação urbana, poderá exigir a adoção de soluções técnicas; Classe III (igual ou superior a 30%) aptidão insatisfatória ao uso residencial, sendo proibido o parcelamento do solo de acordo com Lei Federal 6766/79, salvo se atendidas exigências especiais quanto à preservação do meio físico; e Classe IV (0 a 3%)

áreas impróprias ao uso urbano tendo em vista a baixa capacidade de carga admissível dos solos existentes, indicados, no entanto para atividades agrícolas e de lazer.

Neste sentido, o interesse em estudar os impactos ambientais em três bairros do norte de Blumenau (SC), Itoupavazinha (11,74km<sup>2</sup>), Itoupava Central (46,74km<sup>2</sup>) e Fidélis (11,68km<sup>2</sup>) já caracterizados no trabalho de doutoramento de Mansur (2003) com uma série temporal abrangida entre os anos de 1986 e 2000, em função da sua contínua transformação do uso e ocupação do solo. A **Figura 1** mostra a localização da área de estudo dentro dos contextos nacional, estadual e local.



**Figura 1.** Localização da área de estudo dentro dos contextos nacional, estadual e local.

A contínua transformação do uso e ocupação do solo iniciou-se de forma acentuada no início da década de 90, e mais especificamente com a aprovação da lei complementar 83/1995 que ampliou o perímetro urbano destes bairros. É importante destacar que segundo dados do censo demográfico do ano de 2000, 15% dos 261 mil habitantes residem nestes três bairros.

Este trabalho apresenta alguns resultados preliminares de uma investigação em andamento sobre a caracterização do cenário atual, numa situação de impacto ao meio ambiente, como por exemplo, a ocupação das encostas em determinados intervalos de declividade. Segundo Egler (2001) este tema aborda uma das sete etapas da AAE, definidas pela União Européia (CEC, 2001).

## 2. Material e Métodos

Para a execução deste trabalho foram utilizados dados vetoriais contendo a delimitação dos bairros da área, antes e depois da ampliação do perímetro urbano. Estes dados foram fornecidos pelo Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Blumenau (IPPUB) (IPPUB, 1996). Também foram utilizados dados de hipsometria e de hidrografia extraídos de duas cartas planialtimétricas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), na escala de 1:50.000. Estas cartas foram disponibilizadas em formato digital pelo Instituto de Pesquisas Ambientais da Universidade Regional de Blumenau (IPA/FURB). As cartas utilizadas correspondem às Folhas SG-22-Z-B-IV-4: Blumenau (IBGE, 1991a) e SG-22-Z-B-IV-2: Pomerode (IBGE, 1991b). Todos estes dados foram inseridos em um aplicativo SIG. O aplicativo SIG utilizado foi o SPRING (Sistema de Processamento de Imagens Georeferenciadas) em sua versão 3.6 (Câmara et al., 1996).

Foi utilizada também uma imagem ETM+/Landsat-7, fornecida gentilmente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) contendo as bandas espectrais na resolução espacial de 30m da órbita-ponto 220/079 imageada em 10/03/2002 (INPE, 2002). A partir desta imagem, foram extraídas as formas de uso do solo apresentadas neste trabalho. Inicialmente foi realizado um georeferenciamento desta imagem através do uso de pontos de controle obtidos em cartas planialtimétricas do IBGE. Esta imagem agora georeferenciada e com um erro de posicionamento inferior a 1 pixel foi inserida no aplicativo SIG. Este erro é aceitável e está de acordo com o preconizado na literatura. Neste aplicativo foram realizadas diferentes composições onde adotou-se principalmente a composição 3(B), 4(R) e 5 (G), justamente por destacar algumas feições urbanas e a vegetação. Esta imagem então foi utilizada para uma classificação preliminar, visando espacializar as principais formas de uso do solo na área em análise.

O algoritmo de classificação utilizado foi o de máxima verossimilhança (MaxVer), comumente presente em aplicativos de sensoriamento remoto. Foram selecionadas algumas amostras de treinamento com base na experiência e no conhecimento dos autores da área de estudo. Fotografias e dados georeferenciados através de um sistema de posicionamento geográfico (GPS) foram utilizados visando dar uma maior confiabilidade às informações geradas e para posterior edição visual dos resultados obtidos, em áreas onde pairavam dúvidas. Para a geração do mapa temático de uso do solo, foram consideradas as classes de agricultura e/ou pastagem, área urbanizada, mata ou capoeira (vegetação em seus diversos estádios sucessionais) e a drenagem.

A partir dos dados de altimetria em formato digital das cartas planialtimétricas do IBGE, foram geradas grades no formato triangular (TIN-Triangulated Irregular Network), por meio da triangulação Delaunay. A partir da TIN foi criada uma grade numérica de declividade em porcentagem. Foram consideradas as classes de 0 a 3%, 3 a 15%, 15 a 30% e acima de 30% como sendo intervalos de declividade para estudo de fragilidade natural à ocupação urbana. Estas classes foram definidas após a revisão dos intervalos propostos por IPT (1991), Ross (1994), De Biasi (1996), Valente (1996) e o Código Florestal Brasileiro (Lei nº4771/65 atualizado pela Lei Federal 7003/89).

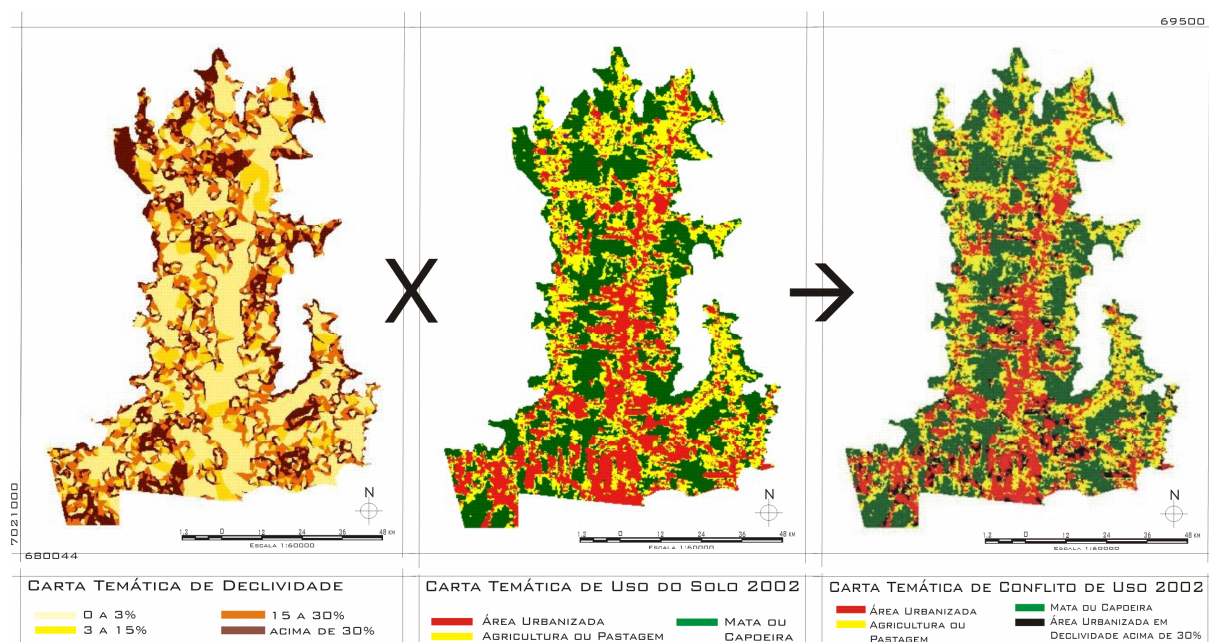
Para identificar as possíveis áreas que contenham fragilidade natural à ocupação urbana (urbanização), que respondem à questão norteadora deste trabalho, optou-se pela utilização de uma operação booleana no aplicativo SIG. Esta fragilidade representa a predisposição de um ambiente, em sofrer danos quando exposto a um fenômeno físico de origem humana, ou seja, a urbanização. De acordo com os intervalos estabelecidos anteriormente, as áreas com declividade superior a 30% são as que apresentam uma maior fragilidade à urbanização.

A espacialização destas áreas é possível de ser obtida quando operações booleanas são utilizadas através da Linguagem Especial de Geoprocessamento Algébrico (LEGAL), função

disponível no aplicativo SPRING. Para isto, são utilizados dados de declividade inferidos através de dados de hipsometria do IBGE e do mapa de uso do solo para o ano de 2002. A operação booleana realizará um *overlay* entre estes dois mapas indicando qual são as áreas que atendem as condições necessárias para serem enquadradas como sendo de possível fragilidade urbana.

### 3. Resultados e discussões

O mapa de uso do solo mostrou-se de acordo com a realidade quando comparada por pontos amostrais obtidas através de campanhas de campo na área de estudo e inspeção visual de dados do sensor QuickBird. O processo de classificação determinado pela exatidão global sempre se apresentou com valores superiores a 90%, indicando uma boa classificação, e, portanto sem necessidades da edição matricial. Os resultados tabulares do mapa de uso do solo mostram que a urbanização representa 26,82% da área de estudo. A **Figura 2** mostra o processo de cruzamento através da operação booleana e também o mapa resultante através desta operação.



**Figura 2.** Cruzamento entre o Mapa de Declividade e o de Uso do Solo (2002) resultando no Mapa de Conflito de Uso do solo da área de estudo no ano de 2002.

A **Tabela 1** mostra a área e o percentual das diferentes classes de uso do solo e da declividade acima de 30% para cada bairro em análise. Com o cruzamento do mapa de uso do solo para o ano de 2002 e o mapa de declividade, constatou-se que do total de área urbanizada dos bairros Itoupavazinha, Itoupava Central e Fidélis, 5,32% encontram-se em área com uma declividade superior a 30%. De acordo com Mansur (2003), essas áreas declivosas são caracterizadas predominantemente por sedimentos quaternários do complexo Granulítico, formando o complexo Luis Alves. Tal complexo é composto por gnaisses granulíticos, que se apresentam como rochas claras e muito antigas, com perfil de solo muito desenvolvido (até dezenas de metros de espessura). Portanto suscetível ao deslizamento, já que seus principais problemas frente à urbanização são solos muito espessos, que com a retirada da vegetação em área muito declivosas ficam vulneráveis à erosão e conseqüente ao deslizamento. Além da geologia, o

risco ao deslizamento tende a se agravar, nestas áreas de Blumenau pelo clima quente e úmido com elevada intensidade de precipitações (chuvas) distribuídas regularmente ao longo do ano. Em determinados tempos de recorrência tendem a concentrar-se em determinados períodos do ano (Citação do Pinheiro e Refosco das cheias).

**Tabela 1.** Resultados quantitativos do uso do solo e de Área urbanizada em declividade superior a 30%, nos bairros Itoupavazinha, Itoupava Central e Fidélis, no ano de 2002.

Classes de uso do solo	Itoupavazinha		Itoupava Central		Fidélis	
	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)
Agricultura ou Pastagem	3,87	32,96	18,38	39,32	3,92	33,55
Mata ou Capoeira	2,93	24,98	17,24	36,89	4,95	42,36
Drenagem	0,00	0,00	0,04	0,08	0,01	0,11
Área Urbanizada	3,82	32,55	9,17	19,62	2,09	17,91
Área Urbanizada em declividade acima 30%	1,12	9,51	1,91	4,09	0,71	6,07
<b>Total</b>	11,74	100,00	46,74	100,00	11,68	100,00

De acordo com os resultados apresentados pela **Tabela 1**, verifica-se um grande conflito na área de estudo quando deparamos com a Lei 6.766/79. Esta lei estabelece como área imprópria para o loteamento urbano nas áreas de encostas acima de 30%, no entanto permitindo o parcelamento. Nestas áreas urbanizadas acima de 30% de declividade inclui-se a ocupação urbana em áreas de declividade superior a 100%, que se enquadram no Código Florestal Brasileiro (Lei Federal n. 4.771 de 15/09/65) que dispõe no seu art. 2º sobre as áreas de preservação permanente. O art. 2º coloca como áreas de preservação permanente os topos de morro, e as áreas com declividade superior a 100%. Ainda na lei do Código Florestal (Lei Federal n. 4.771 de 15/09/65) o art. 10º diz que áreas de declividade entre 47% a 100% (25º a 45º) são áreas fortemente inclinadas que não podem ficar sem cobertura vegetal. Nestas condições os processos erosivos tendem a se intensificar nestas áreas com a retirada da vegetação.

O percentual de áreas urbanizadas em situação de fragilidade à urbanização (susceptível à risco de deslizamento) nos bairros Itoupavazinha, Itoupava Central e Fidélis indicam a necessidade imediata de medidas de conscientização por parte de órgãos ambientais e de controle da urbanização. Estas medidas são necessárias para evitar futuras catástrofes ambientais em situações de enxurradas. É importante destacar que segundo o censo realizado pelo IBGE, o bairro Itoupavazinha apresentou uma taxa de crescimento populacional de 10% ao ano, sendo que o mesmo, é um dos bairros que mais cresceu em população no município de Blumenau. Na sua grande maioria, esta população é de baixa renda e habita em edificações que não são construídas de forma apropriada para este tipo de declividade.

#### 4. Considerações Finais

Para o mapeamento do uso do solo em áreas declivosas, a utilização de um SIG, como parte da etapa da construção do cenário atual, permitiu a sua caracterização de uma maneira eficaz indicando boas perspectivas de aplicação aos dados gerados pelos sensores da série CBERS. Esta caracterização será útil para o monitoramento futuro destas áreas, e pode constituir uma

boa ferramenta para órgãos de planejamento de nível municipal, já que atualmente podemos contar com aplicativos (i.e SPRING), imagens (CBERS) e dados auxiliares (cartas do IBGE) de forma gratuita na rede mundial de computadores.

Conclui-se que esta etapa da Avaliação Ambiental Estratégica é fundamental porque auxilia na superação de uma das limitações das avaliações de impacto ambiental. Da forma como o EIA é regulamentado atualmente no Brasil, ele é aplicado somente para projetos de empreendimentos específicos (avaliados de forma isolada) e não considera o impacto sócioambiental cumulativo que pode ser causado pela ocupação de extensas áreas de habitação em áreas de geologia e declividades inapropriadas para o uso urbano. Percebemos que de acordo com as leis ambientais mencionadas neste artigo, próximas etapas deste trabalho incluirão uma ampliação das classes para intervalos de declividade de 30% a 47%; de 47% a 100% e acima de 100%, e uma avaliação dos mapas de uso do solo gerados pelos sensores ETM+, CBERS e QuickBird.

## 5. Literatura Citada

Câmara, G; Souza, R.C.M.; Freitas, U.M.; Garrido, J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics**, v.20, n.3, p.395-403, 1996.

CEC (Commission of the European Communities). **Council Directive 2001/42/EC** of the European Parliament and the Council on the Assessment of the Effects of Certain Plans and Programmes on the Environment. Disponível no site [http://europa.eu.int/comm/environment/eia/full-legal-text/0142\\_en.pdf](http://europa.eu.int/comm/environment/eia/full-legal-text/0142_en.pdf). Acessado em 30 de julho de 2002.

De Biasi, M. **A carta clinográfica**: os métodos de representação e sua confecção. 1996.

Egler, P. C. G. Avaliação Ambiental Estratégica: um instrumento para a sustentabilidade. In: Workshop Internacional de Dinâmicas territoriais. Tendências e desafios da integração do Brasil contemporâneo., 2001, Brasília. **Anais...** Brasília: CIORD, APP e ABM, 2001.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Blumenau**: carta planialtimétrica. Florianópolis, 1991. 1 mapa: [52 x 56cm]. Escala 1:50.000. Folha SG-22-Z-B-IV-4. Projeção Universal Transversa de Mercator/Datum SAD69.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Pomerode**: carta planialtimétrica. Florianópolis, 1991. 1 mapa: [52 x 56cm]. Escala 1:50.000. Folha SG-22-Z-B-IV-2. Projeção Universal Transversa de Mercator/Datum SAD69.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. **Órbita-ponto 22-/079**: imagem Landsat-7 ETM+. Cachoeira Paulista, 2002-03-10. 1 imagem digital: [185 x 170km].

IPPUB (Instituto de Pesquisas e Planejamento Urbano de Blumenau). **Plano Diretor de Blumenau**, Blumenau: IPPUB, 1996.

Valente, A. L. S. Uso de SIG na determinação de áreas com restrições à ocupação urbana na sub-bacia do Arroio Feijó, RS. In: Congresso e Feira para usuários de geoprocessamento, 2. 1996, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SAGRES, p.849-856, 1996.

Ross, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia FFLCH/USP**, v.8, p.63-74, 1994.

BONDUKI, N. G. (Org.). **São Paulo, Plano Diretor Estratégico: Cartilha de Formação**. 3ª. ed. São Paulo: Câmara Municipal de São Paulo; CREA-SP, 2004. v. 3. 87 p.

IPT, Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Manual de ocupação de encostas**, São Paulo: USP, 1991.

Partidário, M. R.; Clark, R. **Perspectives on Strategic Environmental Assessment**, London, 2000.

Mansur de M. S., C. **Avaliação Ambiental Estratégica como subsídio para o planejamento urbano**. 2003. Tese (Interdisciplinar em Ciências Humanas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2003.