

## **CARTOGRAFIA PREVENTIVA APLICADA À ÁREA DE RISCO GEOAMBIENTAL**

**ÍTALO CAVASSIM JÚNIOR<sup>1</sup>**

**JOSÉ AUGUSTO FAÉS<sup>2</sup>**

**PROF. JORGE ANTONIO CENTENO<sup>3</sup>**

**PROF. DONIZETI GIUSTI<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Universidade Federal do Paraná - Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas

<sup>2</sup> Universidade Federal do Paraná – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal

<sup>3</sup> Universidade Federal do Paraná - Departamento de Geomática

<sup>4</sup> Universidade Federal do Paraná - Departamento de Geologia

Jardim das Américas, CP 19011, CEP 81531-990, Curitiba PR

[italo@geoc.ufpr.br](mailto:italo@geoc.ufpr.br), [zé\\_faes2002@yahoo.com.br](mailto:zé_faes2002@yahoo.com.br), [centeno@geoc.ufpr.br](mailto:centeno@geoc.ufpr.br), [donizeti@geologia.ufpr.br](mailto:donizeti@geologia.ufpr.br)

---

---

**RESUMO** – No presente artigo, são apresentados os resultados de uma análise da ocupação urbana e do risco ambiental no município de Almirante Tamandaré, utilizando, de maneira integrada, técnicas de sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas. Uma imagem de satélite do sistema Landsat foi utilizada como fonte de dados para avaliar as tendências do crescimento urbano na região. A imagem georeferenciada foi classificada utilizando o método da Máxima Verossimilhança Gaussiana, para a obtenção de uma imagem temática com os usos do solo. A imagem temática georeferenciada e um mapa geológico da região foram cruzados no ambiente SIG do sistema Arcview. Com esta operação foi possível analisar as tendências do crescimento urbano, tendo se chegado a identificar uma ocupação desfavorável em regiões onde a mancha urbana cresce preferencialmente em cima do carste, acompanhando o traçado da malha de estradas que ligam Almirante Tamandaré a Curitiba e outros municípios. A análise da imagem e o conhecimento da região permitiram delimitar a região ocupada por assentamentos urbanos sujeita a risco ambiental. Para constatar o grau e a localização exata destes riscos foram feitas visitas de campo, onde cada quadra foi classificada segundo seu risco e estado atual de deterioração. Como resultado, foram obtidos mapas temáticos dos níveis de risco geoambiental no contexto do planejamento urbano. A análise destes mapas revela as áreas mais afetadas e comprova que algumas regiões encontram-se sujeitas a mais de um risco, caracterizando uma ocupação inadequada e apontando a provável ocorrência de desastres no futuro.

**ABSTRACT** – In this paper, the results of a study of the impacts of human occupation that integrates remote sensing and GIS, at Almirante Tamandaré in Brazil, are presented. A Landsat image was used as information source to evaluate urban expansion and its impacts. Therefore, the image was georeferenced and classified using the Maximum Likelihood method. This image was then overlaid to an existing geological map and an old map of the same region. It was possible to detect the main expansion tendencies, comparing both urban perimeters. From the comparison of the urban perimeter with the geological map, the occupation of risky areas was detected. In order to assess the exact location and intensity of the risk, visits were done to these regions. As a result, thematic maps, that display the different risk types that could help future urban planning, were produced. The analysis allowed to determine the most affected areas and it was seen, that in many cases the main source for the risk was the inappropriate human occupation.

## 1 INTRODUÇÃO

A ocupação desordenada do meio físico nas grandes cidades através do êxodo rural constitui a principal causa da degradação dos recursos naturais do solo, da vegetação e das águas. Nas grandes regiões metropolitanas, devido ao fenômeno da conurbação, o espaço é ocupado sem critérios de planejamento, ocorrendo diversos problemas sociais, econômicos e ambientais, provocados pelo desordenado crescimento populacional. Nas regiões metropolitanas é onde ocorrem os maiores problemas devido à ocupação irregular e não planejada do espaço físico. Um exemplo pode ser verificado especificamente no município de Almirante Tamandaré, pertencente à região metropolitana de Curitiba (RMC), aonde vem acontecendo a ocupação urbana em áreas de Carste (terrenos de rochas calcárias em dissolução no subsolo). Esta ocupação vem aliada a uma exploração descriteriosa dos recursos naturais (mineração de calcário e extração de água subterrânea), oferecendo riscos às populações assentadas no local. O conjunto desses fatores é responsável pela deflagração de riscos geoambientais como os provocados pelos movimentos de massa, a poluição dos recursos hídricos e fenômenos geotécnicos.

Na década de 70, a região metropolitana de Curitiba (RMC) foi a região que apresentou os maiores índices de crescimento populacional em relação às outras regiões metropolitanas (5,78%/ano). Na década de 80 este crescimento torna-se menos intenso caindo para 3,03%. Nos anos 90, Curitiba apresentou uma taxa anual de 2,19% e a RMC de 3,19% (IPPUC, 1996). Curitiba em 1970 participava com 70,02% da população. Em 1980 reduz a participação para 68,45% e respectivamente para 63,79% e 60,68% nos anos de 1991 e 1996 (IPPUC, 1998). Isto comprova que o crescimento tem sido maior nos demais municípios da região e a característica fundamental é a ocupação dos municípios limítrofes à Curitiba, resultado do adensamento da cidade pólo e seu decorrente extravasamento sobre os municípios vizinhos (IPPUC, 1998). Em Piraquara, Colombo e Almirante Tamandaré, a ocupação ocorreu nos limites com Curitiba longe das respectivas sedes municipais, e em cima de solo cárstico.

A ocupação do solo cárstico implica em problemas devido às características deste tipo de solo. O desenvolvimento do relevo cárstico tem início quando as águas de infiltração agem sobre as redes de fissuras e diáclases das rochas, dando lugar aos processos de dissolução subsuperficial. No momento que as fendas se alargam, inicia-se um processo de formação de condutos e sumidouros onde fluem as águas de infiltração. A estrutura das rochas calcárias contribui para a ampliação do processo em profundidade, formando galerias entre outras feições subterrâneas. A família das formas cársticas é muito variada sendo as dolinas e as cavernas as mais importantes (OLIVEIRA, 1997).

As dolinas são depressões de forma circular ou oval, com contornos sinuosos. O bordo da dolina

geralmente apresenta declividades acentuadas e a rocha aflorante. O fundo das mesmas pode estar recoberto por camada argilosa de descalcificação de cor avermelhada. As dolinas podem ser consideradas como a forma fundamental do relevo cárstico, e são de tamanho e morfologia variáveis. Quanto ao tamanho variam de um a mais de 1000 metros de largura, e de poucos centímetros a mais de 300 metros de profundidade (CHRISTOFOLETTI, 1974). A Figura 01 mostra um exemplo de dolina localizada sobre áreas urbanas do município de Almirante Tamandaré.



FIGURA 01 - Exemplo de dolina – Município de Almirante Tamandaré – PR.

A ocupação urbana em áreas cársticas se dá invariavelmente em função da principal atividade econômica inerente ao seu contexto geológico: a mineração de calcário (OLIVEIRA, 1997). A Figura 02 mostra um exemplo esquemático da ocupação urbana e áreas de carste.

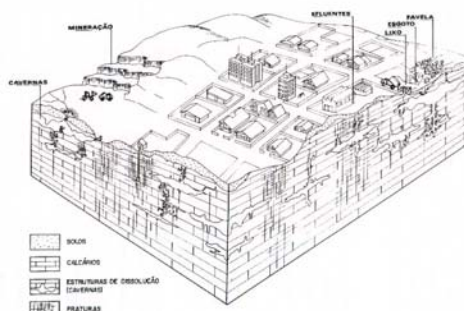


FIGURA 02 –Aspectos da ocupação urbana e exploração de recursos naturais do Carste.

Através do crescimento urbano impulsionado pelas atividades de mineração e industrialização do calcário, tende-se a aumentar o consumo de água, tanto para abastecimento público como para agricultura e indústrias. A hidrologia de terrenos cársticos caracteriza-se pela quase total ausência de águas superficiais, o que tende a aumentar a extração de águas nos mananciais subterrâneos que encontram no carste um dos maiores armazenadores de água no subsolo.

Estas atividades quando desenvolvidas de maneira desordenada, sem critérios técnicos adequados, ou sem planos integrados de aproveitamento dos recursos naturais

do carste, podem contribuir para a deflagração de processos indutores de acidentes geológicos, manifestados em áreas urbanas na forma de afundamentos e ou abatimentos do terreno (OLIVEIRA, 1997).

No presente artigo, são apresentados os resultados de uma análise da ocupação urbana e do risco ambiental no município de Almirante Tamandaré, utilizando, de maneira integrada, técnicas de sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas.

## 2 ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DA MANCHA URBANA

Inicialmente, a imagem de satélite do sensor Landsat TM, Cena de Curitiba e adjacências foi submetida ao processo de correção geométrica. Para esta correção foi usada uma carta na escala 1:50000 da Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba (COMEC) do ano de 1976, obtida junto à Embrapa Florestas.

Após a imagem ter sido registrada, foram definidas amostras de treinamento para a classificação supervisionada da imagem. As classes definidas *a priori* para a imagem foram: “mancha urbana”, “áreas de vegetação”, “reflorestamento” e “solo nu/rochas”. Com a primeira visita na área de estudo foram pré-definidas as amostras de treinamento para a classificação da imagem. Com as amostras definidas para cada classe, utilizou-se o classificador Máxima Verossimilhança para a classificação de toda a imagem. A qualidade da classificação foi avaliada através da matriz de confusão. Para o conjunto de amostras foi obtida uma acurácia total de 97,8% (Estatística Kappa), caracterizando um bom resultado.

O mapa de adequabilidade para loteamentos residenciais foi vetorizado com a finalidade de efetuar o cruzamento desta informação com a imagem temática. Com o intuito de verificar as tendências de crescimento urbano na região, um mapa da cidade de Almirante Tamandaré de 1976 foi também digitalizado. Todos os dados foram inseridos no ambiente ArcView, sob forma de planos de informação.

Com os dados no formato vetorial, foram realizados três cruzamentos: O primeiro combina os perímetros urbanos de 1976 e 2000. O segundo é o resultado da combinação da mancha urbana em 1976 e o mapa de adequabilidade. Finalmente, a imagem temática do uso do solo em 2000 foi superposta ao mapa de adequabilidade para loteamentos residenciais. As figuras 03, 04 e 05 mostram os resultados destes cruzamentos respectivamente.

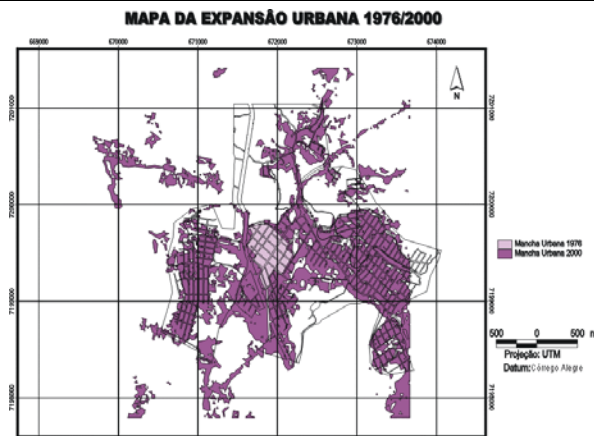


FIGURA 03 – Mapa da Expansão Urbana 1976/2000.

O mapa do uso do solo gerado pela classificação apresenta de forma atualizada as diversas coberturas presentes na imagem de satélite, gerando com isso uma visão macro da área de estudo. Percebe-se que o mapa demonstrou um crescimento da mancha urbana principalmente ao longo das rodovias e no entorno com a cidade de Curitiba logo na parte Sul da área.

Especificamente neste trabalho, com o mapa da expansão urbana da área de estudo do Município de Almirante Tamandaré no período de 1976 a 2000, nota-se que a ocupação urbana foi feita de forma irregular, não planejada, com a ocupação urbana em áreas inadequadas. Através da integração de dados multitemporais é possível analisar as tendências de crescimento do município. Verifica-se neste caso que os principais vetores de crescimento urbano são ao longo das rodovias.

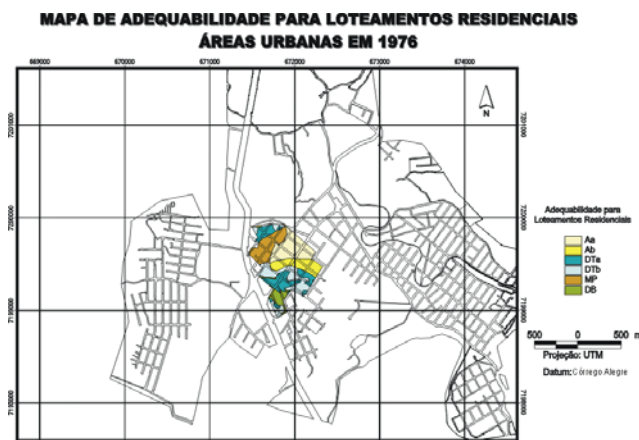


FIGURA 04 – Mapa de Adequabilidade para Loteamentos Residenciais: Áreas em Urbanas 1976.

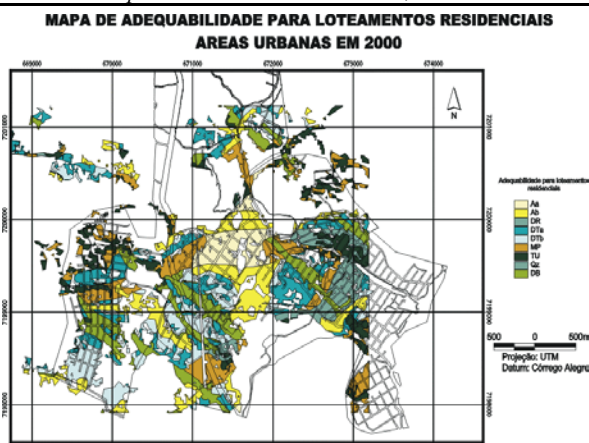


FIGURA 05 – Mapa de Adequabilidade para Loteamentos Residenciais: Áreas Urbanas em 2000.

Analisando os mapas de Adequabilidade para Loteamentos Residenciais e tomando como base as manchas urbanas em 1976 e 2000 nota-se um crescimento em direção aos municípios de Colombo e Curitiba principalmente em áreas não recomendadas para o adensamento das edificações podendo ocorrer riscos devidos aos fenômenos geotécnicos (colapso e subsidências). Na direção Sul, em direção à Curitiba ao longo da rodovia dos minérios, ocorreu o crescimento urbano em áreas vulneráveis aos riscos de subsidência, colapso e poluição do aquífero podendo ocorrer deformações em tubulações.

### 3 ELABORAÇÃO DE MAPAS TEMÁTICOS DE RISCO

Foram coletadas através de visitas “in situ” as informações a respeito do nível de risco geoambiental para o caso:

Dos movimentos de massa

- erosão;
- deslizamentos;
- soterramentos e
- queda de blocos.

Recursos hídricos

- poluição das águas subterrâneas;
- poluição das águas superficiais.

Fenômenos geotécnicos

- subsidências e
- colapsos do solo.

Cada área visitada, foi marcada no mapa base na escala 1:2000 e foram coletadas as informações a respeito do risco e seu respectivo nível. Ao todo, foram realizadas 3 visitas nos meses de novembro de 2001 e fevereiro de 2002.

Foi definido que a unidade a ser representada no mapa de risco seria a quadra. Por isso, cada quadra visitada foi marcada no mapa base e o tipo e nível do

risco foi registrado em caderneta. Ao todo foram coletadas informações de 32 áreas de risco. As figuras 06 e 07 mostram exemplos de eventos críticos verificados durante as visitas. Na Figura XX é mostrado o dano causado pela ocorrência de uma dolina numa parede. Na figura YY, é vista a formação de uma dolina em área de risco de Colapso. Ocorrências semelhantes foram levantadas e cadastradas durante as visitas.



FIGURA 06 - Rachaduras em edificações, indícios de risco de subsidência.



FIGURA 07 - Formação de dolina em área de risco de Colapso

Para a realização dos mapas temáticos dos níveis de Risco Geoambiental, foi utilizada a Base Cartográfica restituída na escala 1:2000 cedida pela COPEL, da qual foi extraído o nível 549 (Alinhamento Predial) de acordo com as convenções de níveis do PARANACIDADE/COPEL/SANEPAR. Este nível já continha as quadras poligonalizadas, ou seja, estavam como polígonos fechados.

Foram criados vários campos na tabela de atributos (\*.DBF) vinculada ao arquivo das quadras. Os seguintes campos foram criados:

- Grau de Poluição de Águas Subterrâneas;
- Grau de Poluição de Águas Superficiais;
- Grau de Erosão;
- Grau de Queda de Blocos;
- Grau de Soterramento;
- Grau de Deslizamento;
- Grau de Subsidência;
- Grau de Colapso.

Com isso, as quadras visitadas foram geoidentificadas utilizando o mesmo número da área de risco. Para os campos acima citados, o nível do risco foi colocado em nível de banco de dados os valores 1, 2 e 3, correspondendo aos níveis “baixo”, “médio” e “alto”, respectivamente. Após a inserção dos atributos na tabela,

foram gerados mapas coropléticos, utilizando como nível de medida ordinal. Em se tratando de áreas de risco, foi escolhida graduação da cor vermelha. Um exemplo destes mapas temáticos é mostrado na figura 08. Do cruzamento de todas estas informações, foi possível deduzir um novo mapa temático, contendo todas as quadras afetadas por algum tipo de risco ambiental. Este mapa é mostrado na figura 09.



FIGURA 08 – Mapa das Áreas de Risco de Deslizamento

Nas áreas de deslizamento foram constatadas algumas intervenções antrópicas desencadeadoras como a eliminação da cobertura vegetal das encostas, presença de cortes instabilizadores, lançamento de lixo e água não controlada e construção de reservatórios. Algumas feições de campo indicativas deste tipo de risco observadas como trincas no terreno, degraus de abatimento e postes, árvores e muros inclinados ou tombados.



FIGURA 09 – Mapas das Áreas de Risco Geoambiental

#### 4 CONCLUSÕES

A ocupação urbana acelerada traz aos órgãos de planejamento como, por exemplo a COMEC e a Prefeitura Municipal, grandes dificuldades no planejamento e ordenamento territorial, muitas vezes pela carência de dados do meio físico. Neste sentido o presente

trabalho torna-se uma contribuição ao planejamento urbano.

Através da visualização espacializada, proporcionados por um sistema de informação geográfica das áreas de riscos, relacionados aos recursos hídricos, movimentos de massa e fenômenos geotécnicos, é possível delimitar suas origens e auxiliar no processo de planejamento urbano para a área em questão. A análise destes mapas temáticos das áreas de risco geoambiental revela as áreas mais afetadas, e comprova que algumas regiões encontram-se sujeitas a mais de um risco, caracterizando uma ocupação inadequada e apontando a provável ocorrência de desastres no futuro. Convém salientar que o objetivo deste projeto é prevenir, orientar e recomendar em relação aos riscos geoambientais

Quanto à questão da ocupação nas áreas de risco em Almirante Tamandaré, destaca-se a poluição dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, já que a qualidade das águas encontra-se bastante comprometida por diversos fatores, entre eles: o lançamento de esgotos domésticos e industriais nos rios; a utilização intensiva de agrotóxicos e disposição de lixo em cabeceiras de drenagem.

Em relação aos fenômenos geotécnicos, a ocorrência de acidentes geológicos urbanos em áreas de carste, manifestados na forma de colapsos do solo e subsidências do terreno, reflete as condições do mau uso do solo e a falta de planejamento no processo de ocupação e expansão urbana. Soma-se a isto a exploração sem critérios dos recursos naturais do carste, notadamente a extração de água subterrânea, a mineração de calcário e o aproveitamento turístico do patrimônio espeleológico (cavernas), o que potencializa a deflagração dos abatimentos do terreno.

Considera-se que o planejamento integrado é o instrumento de gestão mais adequado e racional para viabilizar a ocupação urbana no carste e a exploração de seus recursos naturais, sem oferecer riscos à economia e comunidades urbanas. Torna-se, portanto imprescindível à aplicação de uma metodologia capaz de ordenar a urbanização, e que tenha como princípio fundamental a preservação do meio ambiente.

#### 5 REFERÊNCIAS

CHUVIECO, E.: **Fundamentos de Teledetección Espacial**. Ediciones Rialp S.A., Madrid, Espanha: 1990.

CHRISTOFOLETI, <sup>a</sup>; **Geomorfologia**; Ed. Edgar Blucher; São Paulo; 1974.

GODOY, Angela Maria; CANTARINO, Sonia da Cruz; THEODOROVICZ, Antonio; **“Atlas de Uso e Ocupação do Solo da Região Metropolitana de Curitiba – Problemas Ambientais Relacionados”**; Projeto Curitiba: CPRM ; Curitiba; 1994.

HINDI, Eduardo Chemas; **Estudo de vulnerabilidade e Riscos de Subsidência aplicado ao Sistema Aquífero Cárstico – Região de Almirante Tamandaré; Projeto individual de Pós Graduação em Geologia**; Área de Geologia Ambiental; Curitiba – 1995.

IPPUC – Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba; **“Monitoração da Gestão Urbana – Gestão do Uso do Solo e Disfunções do Crescimento Urbano da Região Metropolitana de Curitiba”**; Curitiba – 1998.

MINEROPAR – Minerais do Paraná S.A; **Projeto Geotecnia – Região Metropolitana de Curitiba – Mapeamento Geológico-Geotécnico nas folhas COMEC A100, A103 E A093 (parcial); Convênio 04/95 COMEC/MINEROPAR, 2º termo de ajuste, Volume 01**, Curitiba; 1997.

NOVO, E.M.L.M; **Sensorimento Remoto; Curso de Especialização em Geoprocessamento**; UFRJ, IGEO Departamento de Geografia; LAGEOP; Rio de Janeiro; 1999; Volume 2, Mídia CD

OLIVEIRA, Luis Marcelo – **A gestão de Riscos Geológicos Urbanos em Áreas de Carste; Monografia; Especialização Gestão Técnica do Meio Urbano**; Pontifícia Universidade Católica; Curitiba; 1997.

PRANDINI, Fernando Luis; PONÇANO, Waldir Lopes; DANTAS, Ana Maria et all – **Cajamar – Carste e Urbanização, A experiência internacional**; Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia; São Paulo; Anais; ABGE, Vol 2; 1987.

PRANDINI, Fernando LUIS; NAZAKAWA, Valdir; SANTOS, Alvaro Rodrigues; **Evolução de Cavidades em Carste coberto – Contribuição da Geologia de Engenharia**; Simpósio Latinoamericano sobre Risco Geológico Urbano – São Paulo; 1990