



Geotecnologias para avaliação de impactos ambientais: uso de SIG para definição de cota de inundação da Sub-bacia do Rio Jordão - Governador Celso Ramos – SC/Brasil.

Gisele Victor Batista¹, Gustavo Mesones Carmona², Silvia Delpizzo Bortoluzzi³

¹Geógrafa, Consultora da GIS Soluções Ambientais (gisele@gisambiental.com.br)

²Engenheiro Civil da Carmona Consultoria Ambiental (carmona.gustavo48@gmail.com)

³Engenheira Agrônoma, Consultora GIS Soluções Ambientais (silvia@gisambiental.com.br)

Resumo: O artigo objetiva demonstrar os benefícios oferecidos pelas geotecnologias (SIG) na avaliação de impacto ambiental (AIA), através da determinação de cota de inundação da Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Jordão. Efetuou-se uma análise multitemporal, através de recobrimentos aerofotogramétricos, visitas de campo e entrevistas com moradores locais, para registrar eventos de enchentes e efetuar o conhecimento das áreas propensas a este tipo de problema. AIAs são estudos realizados para identificar e prevenir os impactos que determinados projetos podem causar à saúde, ao bem-estar humano e ao meio ambiente. Atualmente, este tipo de análise espacial conta com sofisticadas ferramentas, como as geotecnologias, as quais utilizam técnicas computacionais para investigar fenômenos ambientais, combinando cartografia, banco de dados automatizados, sensoriamento remoto e modelagem digital. As considerações articuladas permitiram inferir que o conhecimento sobre a cota e inundação da sub-bacia é de extrema importância para identificação e avaliação do impacto a ser gerado, uma vez que acarretam à mitigação e/ou reparação do mesmo. Além disso, as informações provenientes da AIA podem ser utilizadas pelos gestores municipais, já que admite o conhecimento do território e controle sobre o uso e ocupação do solo, conduzindo um processo de urbanização mais sustentável.

Palavras-chave: SIG, Avaliação de impacto ambiental, cota de inundação.

Área Temática: Impactos Ambientais – Tema 12

Abstract: This article demonstrates the benefits of geo (GIS) in environmental impact assessment (EIA), through the determination of flood elevation of the Sub-basin of the Jordan River. We conducted a multitemporal analysis through aerophotogrammetric coatings, field visits and interviews with local residents to record flood events and make the knowledge of the areas with these problems. EIAs are studies to identify and prevent the impacts that certain projects may cause to health, human welfare and the environment. Currently, this type of spatial analysis using sophisticated tools such as GIS, which use computational techniques to investigate environmental phenomena, combining mapping, automated database, remote sensing and digital modeling. The final conclusions refer to the importance of determining the share of flood to identify and assess impacts to allow for mitigation and / or repair the same. In addition, information from the EIA may be used by city managers because it gives knowledge of the territory and control over the use and occupation of land, leading a more sustainable urbanization.

Keywords: GIS, Environmental impact assessment, flood elevation.

Theme Area: Environmental impact – Theme 12



1 Introdução

Este trabalho tem como objetivo apresentar o uso de Sistema de Informação Geográfica (SIG) para determinar a cota de inundação da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Jordão. Para tanto, efetuou-se uma análise multitemporal no local em estudo, investigando recobrimentos aerofotogramétricos, visitas de campo e entrevistas com moradores antigos, com o intuito de registrar eventos de enchentes para efetuar o conhecimento das áreas propensas a este tipo de problema e, conseqüentemente, evitar impactos decorrentes da implantação de empreendimentos nestes locais. A relevância da temática deve-se ao fato de as geotecnologias constituem-se num instrumento de avaliação de impacto socioambiental, permitindo maior conhecimento do território e, com isso, podem ser utilizadas pelos tomadores de decisão para uma gestão ambiental eficiente do meio urbano.

As Avaliações dos Impactos Ambientais, comumente conhecidas pela sigla “AIA” (BASTOS e ALMEIDA (2002), BISSET (2002)) são estudos realizados para identificar, prever, interpretar e prevenir os impactos que determinados projetos podem causar à saúde, ao bem-estar humano e ao meio ambiente. Pode ser consideradas como um instrumento de política ambiental, formando um conjunto de procedimentos capaz de assegurar, desde o início do processo, que se faça um exame sistemático dos impactos ambientais de uma ação proposta e de suas alternativas, visando sempre a preservação ambiental e a equidade social.

O principal objetivo da AIA, segundo Bisset (2002), é a prevenção dos danos causados ao meio ambiente por atividades antrópicas. Neste sentido, o processo de AIA envolve três fases: identificação dos impactos; predição dos impactos - previsão do comportamento dos ecossistemas e; finalmente, a avaliação propriamente dita. Nessa última fase, atribuem-se aos efeitos previstos, parâmetros de importância ou significância.

Na AIA (BASTOS e ALMEIDA (2002), BAASCH (1995)) identificam-se, basicamente, dois componentes, que juntos irão promover a eficácia do processo de preservação ambiental: i) o conhecimento científico que, por meio do exame sistemático, é responsável em diagnosticar, avaliar e prevenir efeitos adversos do projeto no meio ambiente; ii) e a tomada de decisão, na qual a avaliação de impactos de uma ação fornece aos gestores os principais atributos de um empreendimento, na sua dimensão econômica, social e ecológica, e a sua repercussão para o planejamento e funcionamento da cidade.

A prática da AIA em nível internacional (SAIRINENR (2010)) teve sua origem vinculada ao desenvolvimento acelerado dos países industrializados, principalmente no período compreendido como pós-guerra, quando a implantação de empreendimentos que promoviam degradação do meio ambiente começou a ser questionada. A conscientização popular levou a um crescimento das exigências por melhores padrões de qualidade ambiental, fazendo com que estas preocupações fossem incorporadas pelo governo, através de diversas ações. Os primeiros trabalhos que utilizavam metodologias de AIA foram realizados nos Estados Unidos, em 1969, através do NEPA - *National Environment Policy Act* (BURSZTYN, 1994). Esta lei fomentou a utilização da AIA como processo para análise da variedade de impactos, visando integrá-los na tomada de decisão dos projetos.

No Brasil, a experiência nos processos de AIA ocorreu algumas décadas mais tarde, o que de certa forma permitiu uma regulamentação jurídica e contribui com o amadurecimento das metodologias a serem adotadas. Segundo Almeida (2002), as primeiras tentativas de aplicação de metodologias para avaliação de impactos ambientais foram na década de 1980, decorrentes de exigências de órgãos financeiros internacionais para a aprovação de empréstimo a projetos governamentais brasileiros. Os primeiros estudos sobre AIA foram realizados com base na experiência internacional e por intervenção indireta do exterior.

Cabe destacar que a introdução da AIA como um instrumento legal para avaliação de projetos degradantes do meio ambiente ocorreu em 1980, a partir da Lei Federal Nº6803/1980,



que dispunha sobre a obrigatoriedade da avaliação de impactos ambientais para fins industriais. A partir da referida lei, ainda que limitada em seu escopo por não contemplar outras modalidades de ações potencialmente impactantes ao meio ambiente, a AIA deixou de ser exigência de órgãos financiadores internacionais para ser incorporada como instrumento nacional de gestão ambiental.

No ano seguinte, a criação da Lei Nº. 6.938/1981 – Política Nacional de Meio Ambiente - instituiu o Sistema Nacional de Meio Ambiente e permitiu a articulação dos diversos órgãos setoriais ligados, direta ou indiretamente, à temática ambiental. Isto fez com que as AIAs fossem elaboradas em processo coordenado, incluindo diversas obras e empreendimentos potencialmente degradadores do meio ambiente. Atualmente, as AIAs contam com sofisticados instrumentos tecnológicos, onde o uso de SIGs favorece o conhecimento do território, permite armazenar, cruzar e processar geodados referentes ao meio ambiente e realizar análises espaciais complexas ao integrar informações de diversas fontes de banco de dados georreferenciados.

SIG, segundo D'Alge (2007), pode ser definido como um procedimento que utiliza técnicas computacionais para investigar fenômenos ambientais, combinando os avanços tecnológicos da cartografia, banco de dados automatizados, sensoriamento remoto e modelagem digital. A difusão do SIG (VENIGALLA, 2008) está diretamente relacionada ao desenvolvimento da informática, quando permitiu que os desenhos analógicos pudessem ser produzidos no computador, desencadeando uma nova modalidade de mapeamento, através da computação gráfica. A grande aplicabilidade desses sistemas (SILVA (2005), SPORL (2007)) é o uso em projetos que necessitam de processamentos rápidos e eficientes, de grandes bases de dados como empreendimentos considerados degradadores da natureza.

Diante do exposto, salienta-se a relevância da problemática em estudo, uma vez que a utilização das ferramentas computacionais (SIGs) permitem a identificação e prevenção do impacto socioambiental e instrumentaliza os gestores municipais para a ocupação ordenada do espaço urbano, promovendo a preservação ambiental e sustentabilidade social.

2 Materiais e Métodos

Para elaboração desse artigo, utilizaram-se os seguintes procedimentos metodológicos:

a) *Revisão da literatura:* Levantamento bibliográfico das palavras-chaves do artigo nas bibliotecas virtuais das principais universidades brasileiras, em periódicos internacionais disponibilizados no portal CAPES e em sites especializados sobre o tema em estudo;

b) *Definição da Área em Estudo:* a sub-bacia do Rio Jordão possui uma área de 2,9 hectares e está situada no Município de Governador Celso Ramos, porção central da costa de Santa Catarina, no Sul do Brasil. Para delimitar área da Sub-bacia, fez-se a identificação do curso principal do Rio Jordão e de seus tributários, a partir da base cartográfica do IBGE de 1978, cujos *shapefiles* são disponibilizados pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – EPAGRI;

c) *Adequação da base cartográfica para elaboração dos mapas temáticos:* Nesta etapa, selecionaram-se os planos de informação (*layers*), que são camadas que exibem uma característica específica da área de estudo. Cada *layer* recebeu uma denominação que o identificou e que permitiu uma relação com a categoria que representava e, ainda, uma orientação que o amarrava ao sistema de referência e ao norte geográfico;

d) *Seleção dos anos para análise multitemporal:* este trabalho partiu da seleção dos recobrimentos aerofotogramétricos de 1938, 1957 e 1978, disponíveis na Secretaria de Estado de Planejamento e Gestão de Santa Catarina.



e) *Entrevistas com moradores locais*: a escolha dos moradores obedeceu ao critério de idade e de proximidade da residência ao Rio Jordão.

3 Resultados Obtidos

3.1 Caracterização da Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Jordão

A Sub-bacia do Rio Jordão é um sub-sistema da Micro bacia do Rio Tijucas, englobando as comunidades de Jordão e Areais de Cima, no Município de Governador Celso Ramos/SC. O Rio Jordão é o último afluente da margem direita Rio Inferninho (Micro Bacia do Córrego Estiva) e tem sua nascente no Morro do Manduca, cerca de 410 metros de altitude (figura 1).

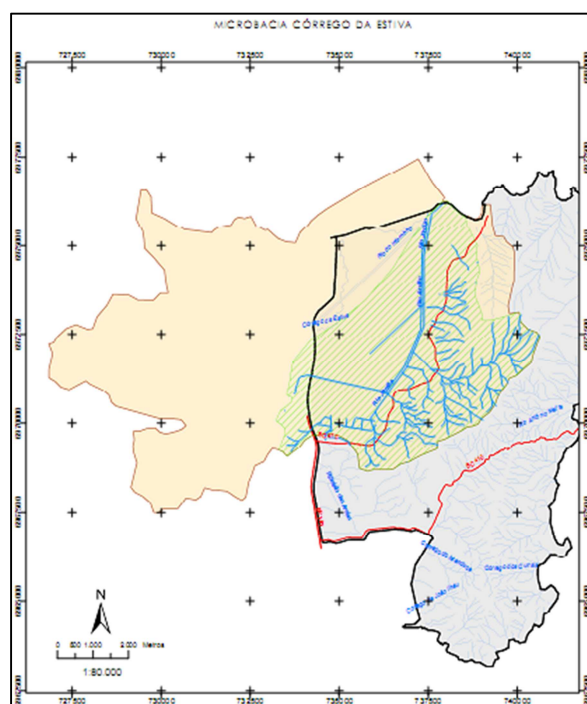
A sub-bacia do Rio Jordão apresenta duas parcelas diferenciadas: a primeira de relevo acidentado coberto de vegetação e, a segunda, na forma de planície costeira, com condições precárias para o escoamento das águas pluviais. Entre essas feições geomorfológicas localiza-se uma área de relevo mais suave, que o facilitou a ocupação humana.

Através do SIG e verificação de campo foi possível inferir que o escoamento das águas superficiais do Rio Jordão ocorre, basicamente, de duas formas: a primeira, através dos contribuintes do rio Jordão, na forma de pequeno curso de água onde são identificadas as regiões Crenal (nascentes) e Ritral (de arroio), afetadas pela ocupação urbana em expansão. Nestes locais, foram construídas estruturas de drenagem que auxiliam o escoamento das águas pluviais para favorecer a urbanização do entorno, já que a maior parte dos cursos de água encontra-se assoreados, com fundo argilo-arenoso, com a descaracterização da vegetação ciliar em virtude da ocupação irregular. A segunda forma de drenagem é através de pequenas valas distribuídas ao longo da SC 410 e de córregos próximos da foz do rio Jordão. Em ambos os casos, os meios de escoamento pluvial possuem poucas condições de transporte, haja vista o grande processo de assoreamento dos leitos e o efeito de represamento das marés, o que contribui para alagamentos dos terrenos adjacentes às margens.

Para melhor caracterizar o ambiente da Sub-bacia do Rio Jordão efetuou-se uma análise multitemporal dos recobrimentos aerofotogramétricos de 1938, 1957 e de 1978 (figura 2). A primeira constatação referiu-se à intensa retificação do canal natural do Rio Jordão pelo Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS), na década de 1940, visando acelerar processos de escoamento superficial para implantação de áreas de pastagens. Observou-se, ainda, a existência de uma grande área com tendência a alagamentos, a qual estavam dispostas entre o Rio Jordão e Córrego Estiva.

Para uma avaliação mais acurada, recorreu-se à Carta Topográfica do IBGE de 1974 e à fotografia aérea de 1978, as quais permitiram inferir que existiam duas parcelas alagáveis diferenciadas (figura3): i) uma área caracterizada como sendo propensa a alagamentos, com

Figura 1 – Localização da Sub-bacia do Rio Jordão





593 hectares e próximo à foz dos rios Jordão e Inferninho; e ii) uma área considerada como “mangue” pelo IBGE, com 727 hectares, abaixo da cota de 06 metros. Ambas as parcelas foram adaptadas para o cultivo de arroz e atividades agropastoris e juntas totalizam 950 hectares que estão sujeitos ao efeito da retenção das águas na bacia do Rio Jordão.

Figura 2 - (a) Recobrimento aéreo de 1938; (b) recobrimento aéreo de 1957; e (c) recobrimento aéreo de 1978.

Fonte: Secretaria de Planejamento do Estado de Santa Catarina.

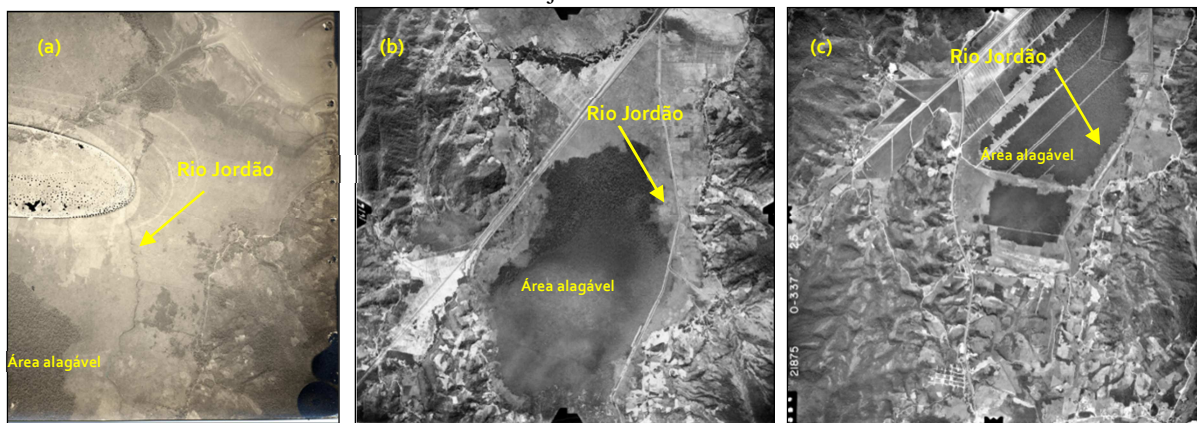
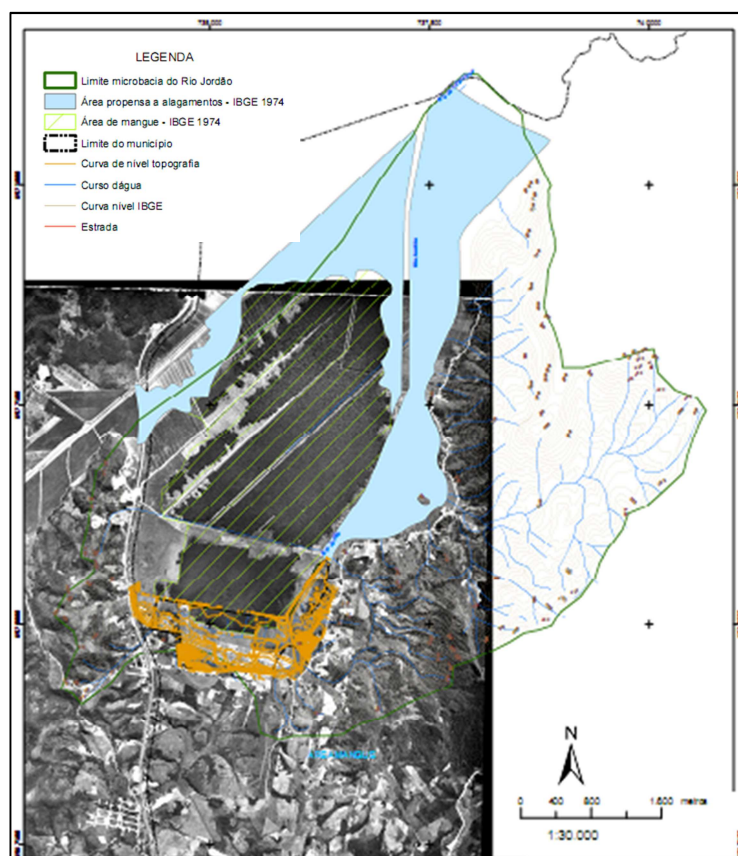


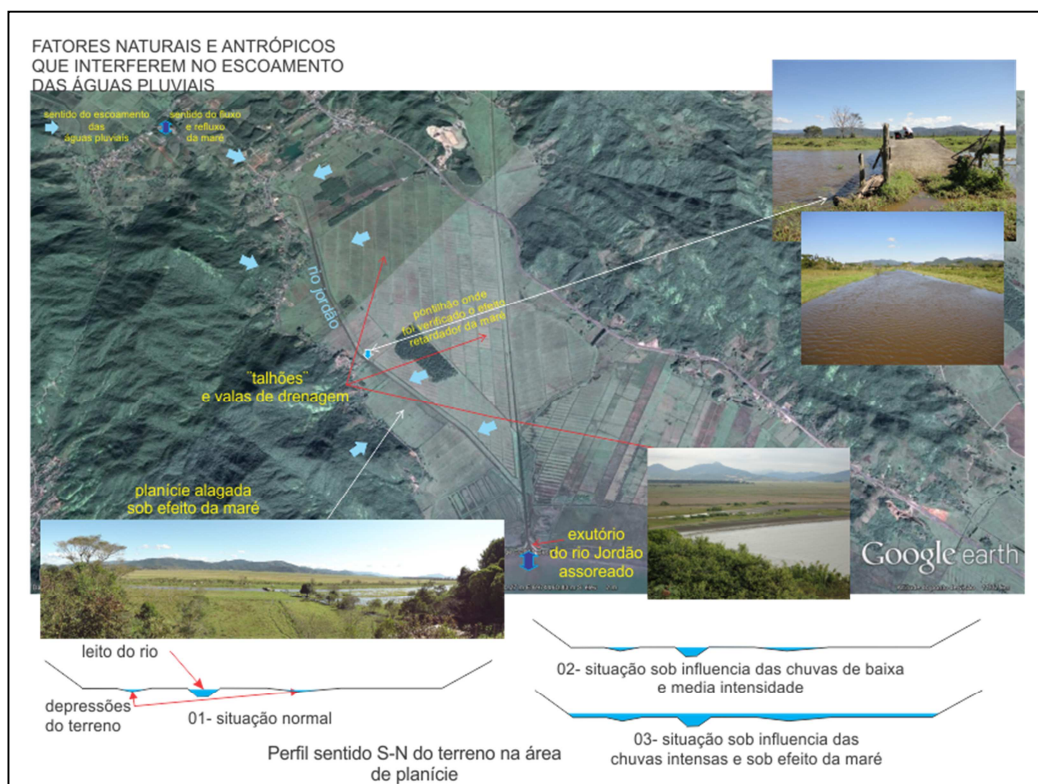
Figura 3 – Mapa das áreas alagáveis na Sub-bacia do Rio Jordão



Considera-se que a denominação de manguezal dada pelo IBGE, refere-se ao fato de a região próxima do mar receber tanto água salgada, pela ação das marés, como água doce, dos rios Jordão e Inferninho. Desta forma, o desenvolvimento de manguezal demonstra que essa planície sofria influência da elevação da cota da maré naquele período, cujas referências são confirmadas pela fotografia aérea de 1978 e pela carta topográfica do IBGE e registro atuais (figura 4).



Figura 4 – Fatores naturais e antrópicos que interferem no escoamento das águas pluviais do Rio Jordão.



A partir do uso do SIG para análise ambiental da sub-bacia do Rio Jordão foi possível alcançar os seguintes resultados parciais:

- ✓ O traçado do rio Jordão sofreu um deslocamento no sentido Sul, mais próximo da encosta do morro, o que ocasionou o aumento no seu comprimento e, como consequência, foi diminuída a declividade. Desta forma, poderia ocorrer a diminuição da energia, com a qual as águas chegavam ao local de descarga;
- ✓ A diminuição da distância entre o leito do rio retificado e a encosta do morro diminui o tempo de concentração das águas pluviais e, assim, fica amortecido o efeito da maré, evitando a sua influência no local do antigo manguezal;
- ✓ Após entrevistas com os moradores mais antigos da região, constatou-se que o fenômeno de retenção das águas fluviais ocasionadas pelo aumento da maré registra-se até 3,6 km do mar em direção à foz. Este fato foi confirmado pelas medidas de condutividade da água, onde se registrou o valor médio 50 μ S/cm, assim como pela verificação da cor verde da pastagem existente (a cor típica de vegetação sem influência da maré);
- ✓ O rio Jordão apresenta, nas partes baixas, características de rio de planície costeira (declividade baixa (0,5%)), encontra-se bastante assoreado e com vegetação dentro do seu leito, diminuindo, com isso, a sua capacidade de transporte;
- ✓ Na parte Norte da sub-bacia foi implantado um canal como forma de evitar deficiências para o escoamento superficial, haja vista o deslocamento do leito do rio Jordão;
- ✓ As modificações do leito do rio Jordão registradas em 1978 resultaram na transformação de um manguezal para uma área de atividades agropecuárias, com implantação de pequenas bacias retentoras (talhões) de água e camalhões com as suas respectivas valas para drenagem - posteriormente, o local serviu para exploração de areia;
- ✓ Ambas as atividades deixaram como passivo ambiental a formação de depressões de vários tamanhos que resultaram em lagos e depressões úmidas que são retentoras de água durante a ocorrência de chuvas intensas e moderadas.



3.2 Determinação da Cota de Inundação da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Jordão

Para determinação da cota de inundação efetuou-se um estudo sobre a tabua da maré da sub-bacia, particularmente a do mês de Novembro de 2008, onde foi registrado um intenso volume pluviométrico na região. Nesta ocasião, observou-se que a maré alcançou o valor de 1,40 metros, embora com pouca frequência durante o ano, sendo que a média encontrada, para o período, foi a de 1,00m a altura. Vale ressaltar que a maré é o movimento periódico das águas marítimas, sendo provocada pela atração gravitacional entre a Terra e a Lua, tem duração de 24h e 50min, dividindo-se em 04 períodos. Isso significa que o nível da maré varia entre valores máximos e mínimos de forma transitória em qualquer situação, não se constituindo numa barreira constante das águas, como as do Rio Jordão, por exemplo.

Sobre os índices pluviométricos da área em estudo, utilizou-se uma compilação dos volumes de chuvas de diversas duração, efetuada por Nerilo et all (2002), no período de 05 a 100 anos. Entretanto, para este trabalho foram usados somente os valores das chuvas de 05 minutos, por constituírem-se nas de maior intensidade (tabela 1).

Tabela 1 – Intensidade das chuvas de 5 minutos no período de 100 anos

Governador Celso Ramos					
Duração	<i>Período de Recorrência (Anos)</i>				
	05	10	20	50	100
05 Minutos	<i>Intensidade De Chuva (Mm/H)</i>				
	167,5	209,2	149,3	306,4	345,9

Com base nas informações da tábua de marés e registros pluviométricos, procederam-se às seguintes considerações parciais:

- ✓ São chuvas que demandam cuidados na execução de obras de drenagem e que nas ocorrências pluviométricas de novembro de 2008, segundo registro fotográfico do local, ocuparam o leito da SC 410, situada na cota de 9 metros de altitude;
- ✓ As entrevistas com moradores (mais de 70 anos e/ou com mais de 30 anos morando no local) revelaram que desconhecem alagamentos que possam atingir na planície, valores maiores que 40 cm e que os significativos ocorrem próximo ao enxutório do rio Jordão;
- ✓ Os entrevistados informaram que o alagamento da SC 410 (e dos locais à montante), em novembro de 2008, deu-se em virtude da implantação de bueiros mal dimensionados, mas que a correção do problema fez com que a via deixasse de ser uma barreira retentora das águas pluviais de montante;
- ✓ Pelos fatos acima relacionados, é conveniente a dragagem e limpeza do leito do rio Jordão, com certa periodicidade, com o cuidado para não ultrapassar a cota zero de referência no local do enxutório do rio, para mantê-la sob os limites normais da influência da maré;
- ✓ Tomando como base as análises das fotos de 1938, de 1957 e de 1978, a demarcação dos locais sujeitos a alagamentos na carta do IBGE, as ocorrências de enchentes de novembro de 2008, nas informações dos moradores locais e levantamentos topográficos da área, obteve-se a cota 07 m como sendo a limite para inundação na sub-bacia do Rio Jordão;
- ✓ A determinação da cota de inundação da sub-bacia favorecerá a ocupação humana em locais livres de enchentes ou alagamentos e contribuirá aos projetos de engenharia, fornecendo o dimensionamento do aterro de terrenos.

4. Conclusões Articuladas

As análises decorrentes do presente artigo permitiram inferir que o conhecimento sobre o local de inserção do empreendimento é de extrema importância para identificação e



avaliação do impacto ambiental, uma vez que conduzem à mitigação e/ou reparação do mesmo. Neste processo, enfatiza-se o uso das geotecnologias (SIGs), como um eficiente instrumento de análise espacial, as quais fornecem um maior controle sobre o uso e ocupação do solo urbano.

Conclui-se afirmando a grande aplicabilidade desses sistemas está relacionada aos processos de análise ambiental e de gestão urbana, pois apresenta um arcabouço de informações que podem ser utilizadas pelos gestores municipais, já que fornecem elementos necessários à caracterização do impacto ambiental. Desta forma, a determinação da cota de inundação da sub-bacia hidrográfica do Rio Jordão tende à ocupação ordenada em locais propícios urbanização, bem como um maior dimensionamento de aterros de terrenos a serem edificadas, o que conduz à preservação socioambiental.

Referências

- ALMEIDA, F. **O bom negócio da sustentabilidade**. Rio de Janeiro, Editora Nova Fronteira, 2002, 191 p.
- BAASCH, S.S.N. **Um Sistema de Suporte Multicritério Aplicado na Gestão dos Resíduos Sólidos nos Municípios Catarinenses**, Tese de Doutorado em Engenharia da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis: UFSC, 1995.
- BASTOS, A. C. S.; ALMEIDA, J. R. de **Licenciamento Ambiental Brasileiro no contexto da avaliação de impactos ambientais**. IN: CUNHA, S. B. da; GUERRA, A. T. (org). Avaliação e perícia ambiental. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, 2002, cap 2, pg. 77-113
- BISSET, R.. **Training Resource Manual - EIA: Issues, Trends and Practice, Training Manual**, 2002 Disponível em <<http://www.environment.gov.au/epg/eianet/manual/bisset/chapter1.html>>. Acesso em junho de 2010.
- BRASIL. Palácio do Planalto. Lei Federal 6.766 de 1979 – Parcelamento do Solo Urbano.
- _____. - Lei Federal 4.171 de 1965 – Código Florestal Brasileiro.
- _____. - Lei Federal 11.428 de 2006 – Bioma Mata Atlântica.
- _____. - Resolução do CONAMA Nº 303 de 2002.
- BURSZTYN, M.A. **Gestão Ambiental: instrumentos de decisão ao processo decisório**. IBAMA: 1994.
- D'ALGE, J. C. L. **Generalização cartográfica em sistemas de informação geográfica: aplicação aos mapas de vegetação da Amazônia Brasileira**. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Transportes. São Paulo, 2007. 132 p.
- NERILO, N. A. PERICLES A. e MEDEIROS E A. Chuvvas intensas no Estado de Santa Catarina. Editoras da UFSC/ FURB, 2002.
- SAIRINEN, R. **Environmental conflict mediation and social impact assessment: approaches for enhanced environmental governance?** Environmental Impact Assessment Review. 30 – p.289 – 292, 2010.
- SILVA, A.G. **Um ambiente computacional para modelagem simbólica de sistemas físicos lineares**. Tese de doutorado. Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal: UF-RGN, 2005
- SPRÖL, C. **Metodologia para elaboração de modelos de fragilidade ambiental utilizando redes neurais**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. São Paulo: USP, 2007.
- VENIGALLA, M. M., BAIK, B.H. **GIS-Based engoneering management service functions: taking GIS beyond mapping for municipal governments**. 2008.