

# Uso do Solo e Escoamento Superficial na Bacia do Córrego Pedreira em Goiânia (GO): uma análise a partir de imagens de alta resolução espacial

Kesia Rodrigues dos Santos<sup>1,2</sup>  
Sandra Sardinha Lemes<sup>1,3</sup>  
Patrícia de Araújo Romão<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Goiás - UFG/IESA

<sup>2</sup> k2r3s4@yahoo.com.br

<sup>3</sup> sandrageolemes@yahoo.com.br

<sup>4</sup> patricia1@iesa.ufg.br

**Abstract.** Goiânia present occurrence of the inundation and overflow in several points of the urban mesh. These points can be thus to cluster: in the portion northeast of Goiânia, in the central part of the city and in the south portion. The basin of Pedreira stream, correspond the northeast previously quote, this present big number of the geomorphology accident relation of the inundation, besides of this characteristics this basin present diversified and the relief differentiated of the other goianienses areas, these fact motive the realization of this paper. The objective of this search it is realize a characterization of the use an the occupation of this basin, looking for elements that understand the occurrence of the inundation of the Pedreira stream, looking for thus respond the question to indicated this paper that is: what is the influence of the use of the soil on the occurrence of inundation. This was realized by the image interpretation of satellite with high spatial resolution (Quick Bird, 2002) and the thematic mapping. Like results of this paper evidence that the inundation that occur on this area are in part motivated by the physics characteristics of the basin, like relief rugosity, the high slope in the portion more higher of the basin, the climatic characteristics, between other. Other point to detach is the question of the urbanization, that provoke partial impermeable of the basin, the occupation without infrastructure on the neighbor more recently and the silting up of the drainage. This geomorphology context and the occupation made the ideal scenario for the occurrence of the inundation.

**Palavras-chave:** inundação; causas naturais; ocupação; processamento digital. Inundation; Natural causes; occupation; digital processing.

## 1. Introdução

Goiânia localiza-se na mesorregião denominada Centro Goiano (IBGE, 2007). A capital de Goiás é uma metrópole (figura1) que experimentou um grande crescimento nas últimas décadas, superando significativamente a previsão inicial de população que era de 50 mil habitantes. Hoje tem mais de 1.2 milhões de habitantes e enfrenta problemas relacionados à ocupação indevida e ao crescimento desordenado. A cidade, ao se tornar um pólo de atração populacional, torna-se uma centralidade quanto à oferta de serviços, empregos e também quanto à concentração de problemas sociais. A segregação sócio-espacial é fato nesse contexto. As áreas periféricas das cidades são ocupadas por uma população desfavorecida (SANTOS, 1996). Essa segregação em Goiânia levou à ocupação de áreas de riscos, muitas vezes áreas de preservação permanente, pelas famílias que, em geral, ficam à margem da organização sócio-espacial da metrópole. Goiânia apresenta várias áreas com riscos geomorfológicos relacionados à inundação. Isso pode ser verificado nas notícias sobre esses fenômenos veiculadas em jornais da cidade e em dados da defesa civil.

A bacia do córrego Pedreira (figura2) fica localizada na porção nordeste de Goiânia e apresenta grande número de acidentes geomorfológicos, relacionados à inundação. Outros fatores se somam a esses, na motivação da escolha desta área. Dentre eles destaca-se ser essa bacia tributária do ribeirão João Leite (responsável pelo abastecimento da cidade), a grande diferença do relevo dessa bacia em relação às demais da cidade, a ocupação por moradias alta renda nas cabeceiras de drenagem e de baixa renda no médio e baixo curso, a existência de usos urbanos e rurais, além do fato de abranger pequena parte do parque ecológico “Altamiro de Moura Pacheco”. O objetivo deste trabalho é realizar uma caracterização do uso e da ocupação desta bacia, buscando elementos que levem à compreensão da ocorrência de

inundações nessa área. Isso será realizado por meio de interpretação de imagens de satélite e de mapeamento.

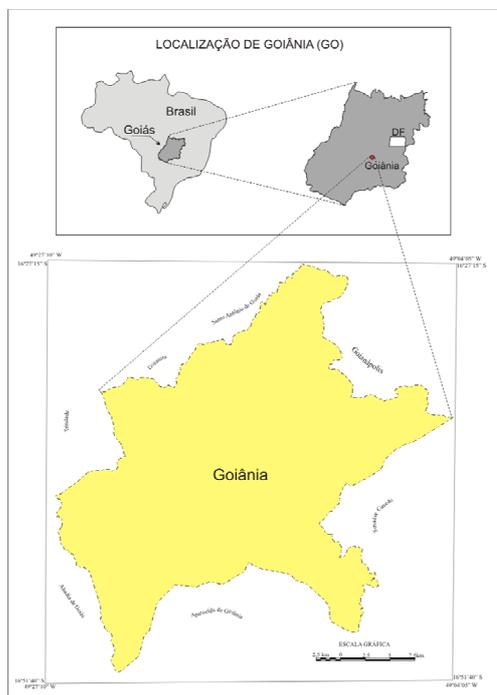


Figura 1 - Localização de Goiânia

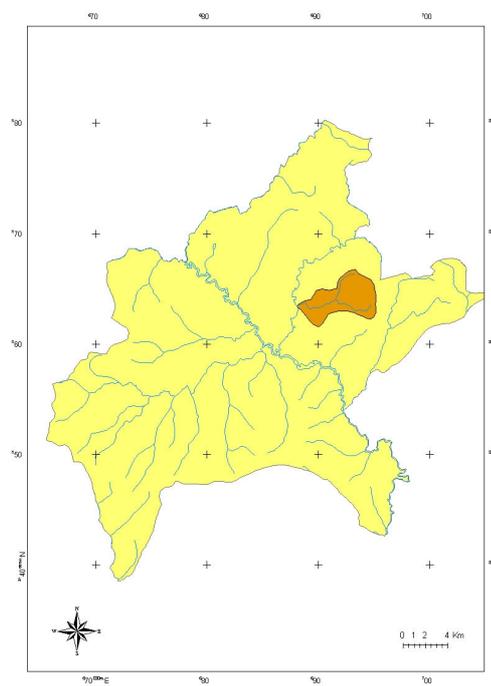


Figura 2 – Localização da Bacia do Córrego Pedreira

O mapeamento em grandes escalas, tão necessário ao planejamento e monitoramento urbano, pode ser efetuado por meio de imagens de alta resolução, aliadas às outras fontes de dados. Em relação ao uso do solo/impermeabilização, há nas imagens de alta resolução pontos positivos e negativos em relação às de baixas resoluções. As de alta resolução apresentam melhor discriminação da cobertura, mas há maior dificuldade de atualização. As de baixa resolução apresentam séries contínuas, porém não é possível discriminar os tipos de cobertura nos níveis desejáveis (ANTUNES e CENTENO, 2007). Para o presente estudo optou-se pela imagem de alta resolução pela possibilidade de identificar intensidades de ocupação.

O avanço dos sensores, do processamento de imagem e sua integração com SIG têm permitido um aumento significativo no número de informações disponíveis e manipuláveis. Quanto à utilização de SIG, Xavier da Silva (2005) *apud* Guerra e Marçal (2006, p.128), afirma que:

Há uma crescente utilização de Sistemas de Informações Geográficas nas análises ambientais, devido à evolução rápida e constante, nas últimas décadas, da tecnologia computacional, associada à demanda exponencial de dados ambientais e vinculada à proliferação dos problemas ambientais.

As técnicas de geoprocessamento utilizadas no tratamento da imagem têm facilitado a representação e o mapeamento geomorfológico, de uso e ocupação, dentre outros aplicáveis ao diagnóstico, planejamento e gestão ambiental. O estudo e análise das áreas suscetíveis à inundação, por manipular uma grande quantidade de dados, necessitam do uso de técnicas que permitem o cruzamento e análise de informações territorialmente especializadas. Nesse sentido, Costa e Silva (2004) enfatizam que a aplicação de SIG tornou-se uma ferramenta poderosa que, atrelada ao uso de outros softwares de mapeamento, permite não somente maior rigor e precisão nas análises, mas também a atualização periódica dos dados.

## 2. Materiais e Métodos

Para realizar um diagnóstico e um prognóstico de determinada área pode-se recorrer ao Método de Análise Integrada do Meio Físico, utilizando para isso a cartografia ambiental e posteriormente a análise dos processos, objetivando um planejamento de uso e ocupação, o que se aplica à área delimitada como recorte desse trabalho.

Devido a essas possibilidades, o presente trabalho será pautado no Método de Análise Integrada do Meio Físico. Segundo Cunha e Mendes (2005), a proposta de integração dos dados físicos, norteia-se pelos pressupostos da Teoria Geral dos Sistemas. A visão sistêmica possibilita estabelecer e analisar as inter-relações entre os elementos do meio físico e da atividade antrópica, assim como compreender os vínculos de dependência entre os diversos fatores.

As bases cartográficas utilizadas para a realização do trabalho foram: imagem de satélite *Quick Bird* de 2002 e dados do mapa urbano digital de Goiânia, com curvas de nível com equidistância de 5m, obtido junto à Prefeitura Municipal. Os procedimentos seguidos foram: pesquisa bibliográfica; interpretação de imagem de satélite; cartografia de uso do solo e produção de mapas temáticos.

A imagem utilizada neste trabalho é de alta resolução espacial (0.6m) e como afirma Antunes e Centeno (2007) todo aumento de resolução implica também o aumento da quantidade de informações que podem ser obtidas das imagens. No caso da resolução espacial, a quantidade de detalhes possibilita uma análise mais precisa dos níveis de ocupação de bacias urbanas.

A análise de imagens, que tem se tornado hoje um recurso indispensável ao levantamento de componentes das paisagens, pode ser realizada por interpretação visual ou com o auxílio de analisadores de imagens (LUCHIARI, KAWAKUBO e MORATO, 2005). Neste trabalho ambos os métodos foram testados, porém pela riqueza de detalhes da imagem de alta resolução espacial *Quick Bird*, optou-se por utilizar a interpretação visual. Por meio do programa Arcgis 9.2, foi elaborado um mapa com os principais usos da área (urbano e cobertura vegetal). Para fins de análise de infiltração e escoamento, elaborou-se um segundo mapa de uso e cobertura do solo, com mais detalhes contendo mais classes, onde se buscou também a densidade de ocupação e, portanto, de impermeabilização do solo.

## 3. Resultados e Discussões

As inundações são resultantes da combinação de vários elementos, como relevo, clima, impermeabilização do sítio urbano, entre outros. Para compreender as características das inundações, faz-se necessário analisar todo o contexto de ocorrência, no caso a bacia hidrográfica. Esse trabalho se estrutura da seguinte forma: breve caracterização física da bacia hidrográfica em estudo, discussão sobre escoamento superficial em bacias urbanas, caracterização do uso e ocupação da bacia do córrego Pedreira e de sua relação com a impermeabilização e finalmente uma breve exposição sobre as áreas de risco à inundação na cidade e na bacia em questão.

### 3.1 Bacia hidrográfica

A delimitação das bacias pode ser feita utilizando ferramentas de geoprocessamento, neste trabalho ela foi delimitada com a superposição das curvas de nível, do mapa hipsométrico e do modelo de sombras.

Existe uma grande variedade de conceitos que dispõem sobre bacia hidrográfica, para este trabalho foi escolhido o seguinte: “As bacias hidrográficas constituem um sistema hidrogeomorfológico, e pode ser definida como uma área [...] que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos para uma saída comum, num determinado ponto do canal fluvial”

(NETTO, 2007, P.97). Acrescenta-se a esse conceito o fato de que a bacia hidrográfica deve ser compreendida como um sistema tridimensional, o que inclui seus elementos em subsuperfície.

A bacia hidrográfica transforma-se em unidade ambiental, pois nela podem-se estabelecer as melhores relações entre causa e efeito, principalmente quando estas relações estão relacionadas aos recursos hídricos (LANNA, 1995 apud LAMONICA, 2004).

A bacia do Córrego Pedreira tem 19,5 km<sup>2</sup> de área, e tem como característica ser uma bacia urbana no limite com usos rurais. Essa bacia apresenta altitudes que variam de 700 a 935 m, como pode ser observado no mapa hipsométrico (figura3), essa grande variação altimétrica, somado a comprimentos de vertente da ordem de 1000 m, favorece o escoamento em detrimento da infiltração.

As declividades encontradas na área (figura4) têm a seguinte distribuição: na média e baixa bacia encontra-se variação de 0 a 8%, nas áreas bordejantes às drenagens as declividades ficam em torno de 30% e na cabeceira e divisores de água as declividades são altas, superando inclusive os 30%, chegando a valores próximos a 45%. As altas declividades contribuem para que o escoamento seja intensificado, pois o fluxo encontra condições ideais para aumento da velocidade em direção ao canal de drenagem.

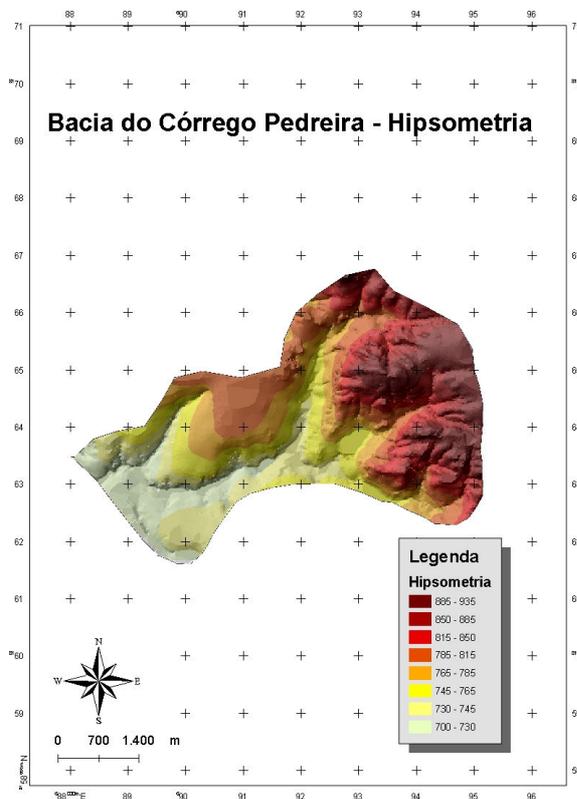


Figura 3- Mapa Hipsométrico

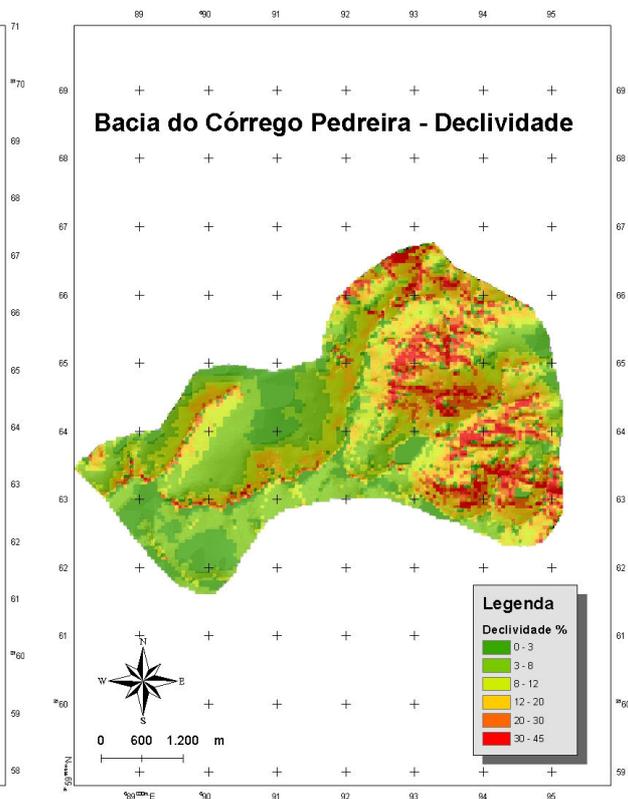


Figura 4- Carta Clinográfica

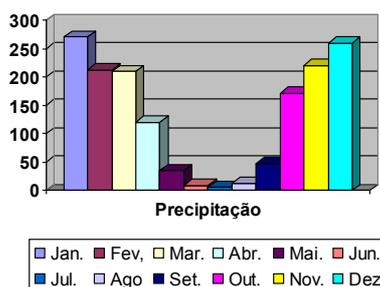
Com essas características físicas somadas à forma triangular da bacia, que favorece um afunilamento do fluxo, vê-se que considerando as características naturais essa bacia tem tendência natural às inundações. Neste caso o uso do solo ganha papel fundamental na ocorrência ou não de inundação, isso porque determinados usos do solo funcionam como proteção natural e possibilitam um aumento no nível de infiltração. A questão do uso do solo será discutida em tópico próprio.

### 3.2 Escoamento Superficial

Como visto anteriormente, as características físicas da bacia favorecem o aumento do escoamento superficial. Esse também é influenciado pelo clima e influencia diretamente a vazão, principalmente na vazão de pico. Percebe-se aqui a relação dialética da natureza.

A área de estudo está situada na região centro-oeste do Brasil, onde o regime pluviométrico é caracterizado por duas estações distintas - a chuvosa e a seca – e pela grande concentração das chuvas no período de outubro a março, englobando mais de 90% da precipitação (NASCIMENTO, 2002). Dentro do período chuvoso a precipitação pode ser irregular, havendo dias ou horas de chuva intensa, intercalados de períodos curtos de estiagem. As chuvas intensas favorecem o escoamento superficial e conseqüentemente a infiltração é reduzida, o que faz com que a água da chuva chegue aos canais fluviais mais rapidamente e em maior quantidade, ocasionando assim uma vazão de cheia significativa. Em Goiânia as chuvas concentram-se no verão, com destaque para os meses de dezembro e janeiro (figura5), o que favorece o escoamento.

**Figura5 - Precipitação (mm) no Município de Goiânia no Período de 1961-1990**



Fonte dos dados: INMET

Vazão é o volume de água escoado na unidade de tempo, em uma determinada seção do curso d'água. As vazões podem ser classificadas em vazões normais e vazões de cheia. As vazões normais são as que escoam comumente no curso de água, enquanto as vazões de cheia são as que excedem a capacidade normal das seções de escoamento dos cursos d'água, podendo provocar as inundações (JORGE & UEHARA, 1998). A vazão de pico depende do escoamento das águas pluviais (TUCCI, 1999).

O escoamento superficial é influenciado ainda pelas características hidráulicas dos solos e das rochas, da cobertura vegetal e das estruturas biológicas, assim como da forma da bacia de drenagem, da declividade de sua superfície e do teor de umidade dos seus terrenos (JORGE & UEHARA, 1998). Em bacias que estão total ou parcialmente urbanizadas, o uso do solo passa a ter grande influência no escoamento superficial, isso se deve principalmente ao aumento da impermeabilização do solo. A bacia do córrego Pedreira é parcialmente urbanizada e já apresenta em algumas porções altos níveis de impermeabilização, como será discutido no próximo tópico.

### 3.3 Uso e ocupação

A bacia do córrego Pedreira apresenta dois usos principais (figura 6) que foram identificados na imagem de satélite, um de predominância urbana e outro com caráter rural. Segundo Tucci (1999) o efeito da urbanização no ciclo das águas se dá pela remoção da cobertura vegetal original e sua substituição por estruturas impermeáveis, resultando na redução da infiltração de água no solo (impermeabilização) e diminuição da evapotranspiração. Isto provoca aumento do escoamento superficial, que se traduz numa maior vazão de cheia dos rios urbanos.

Verifica-se que o escoamento é favorecido no primeiro caso, pois o sítio urbano tem características de impermeabilização pela sua própria natureza, já o segundo uso favorece a infiltração. Num sentido geral, a infiltração tem maiores possibilidades de ocorrer no uso rural do que no uso urbano, pois além de não ter grandes estruturas impermeáveis, ainda há presença de vegetação em grande parte da área. O que a depender do tipo de vegetação pode contribuir muito como barreira para o escoamento.

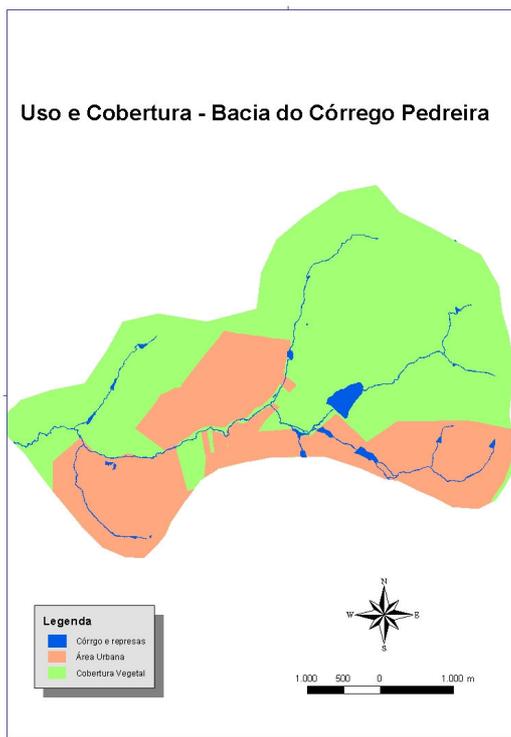


Figura 6 - Uso simplificado

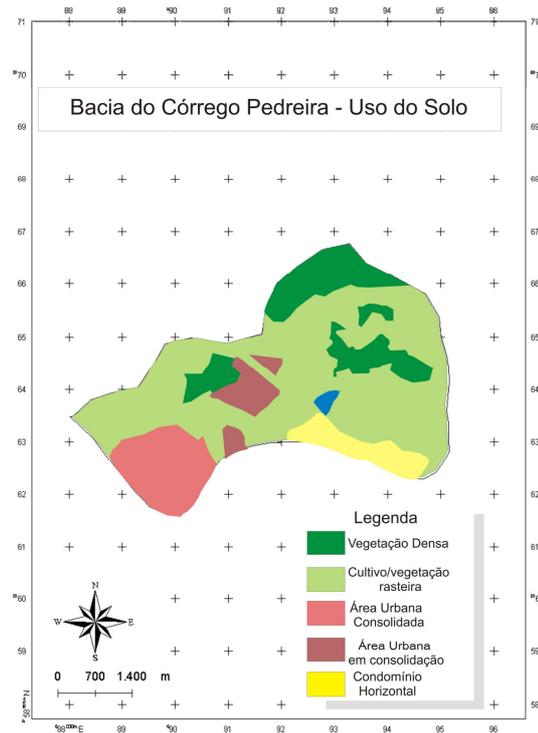


Figura 7 - Uso detalhado

O segundo mapa de uso (figura7) é mais específico e apresenta as seguintes classes de acordo com a magnitude da área que ocupa na bacia: Cultivo/vegetação rasteira, vegetação densa, área urbana consolidada, área urbana em consolidação e condomínio horizontal. Aparece ainda no mapa um lago que é resultado da barragem do curso d'água. Esse mapa foi elaborado para que se pudesse aplicar o princípio da metodologia de índice de escoamento em relação aos níveis de impermeabilização trabalhada por Tucci (2000), da qual se destaca a relação diretamente proporcional, quanto maior a impermeabilização maior o escoamento. Em relação à área de estudo é possível definir uma ordem crescente de escoamento superficial de acordo com os níveis de impermeabilização (tabela 1). Cabe ressaltar que para essa área não foram calculados os índices propostos por Tucci (2000), sendo feita uma análise predominantemente qualitativa, isso porque a bacia se divide em usos urbanos e usos rurais, e os índices foram pensados para bacias totalmente urbanas.

Tabela1- Relação uso do solo-impermeabilização-escoamento na bacia do córrego Pedreira		
Uso / Cobertura	Nível de Impermeabilização	Aumento do Escoamento Superficial
Vegetação Densa	Nulo	Nulo
Cultivo/Vegetação rasteira	Muito Baixo	Muito Baixo
Condomínio Horizontal	Baixo	Baixo
Área urbana em consolidação	Médio	Médio
Área urbana consolidada	Alto	Alto

Como resultado da análise da ocupação elaborou-se o mapa de níveis de impermeabilização (Figura 8) que demonstra que grande parte da área está com baixos níveis de impermeabilização, porém a ocupação recente da área urbana em consolidação modificou nos últimos 10 anos a dinâmica da bacia, favorecendo grande contribuição de sedimentos para a drenagem, principalmente por serem bairros que não contam com infra-estrutura, como asfalto. Esse sedimento levado pelas águas pluviais contribuiu para o assoreamento da drenagem, e esse é um dos fatores geradores de inundação. Segundo os dados da defesa civil, o início da ocorrência de inundações nesse local coincidem com a construção destes bairros. Outro fator a se considerar é a drenagem da rodovia que também é direcionada para a bacia.

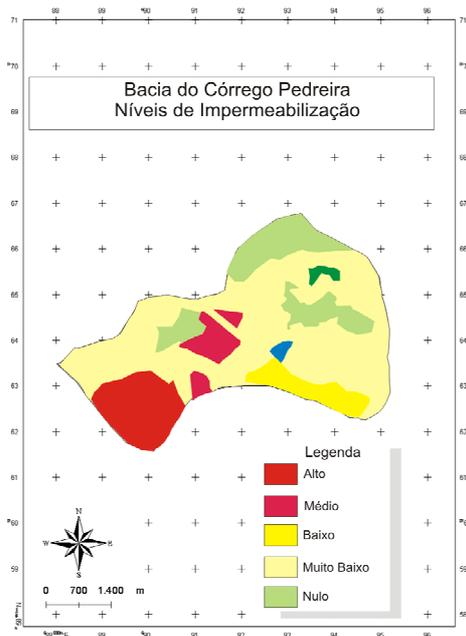


Figura8 – Variação dos níveis de impermeabilização e conseqüentemente variação dos níveis de escoamento.

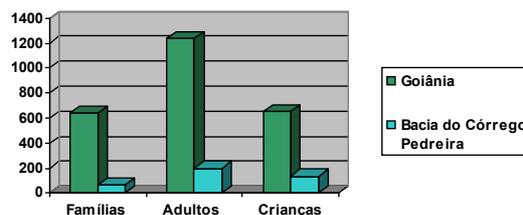
### 3.4 Acidentes e riscos

Considera-se acidente o fato já ocorrido, onde foram registradas conseqüências sociais e econômicas, sua ocorrência pode, ou não, estar relacionada à ação antrópica (CERRI e AMARAL, 1998). Existem em Goiânia diversos acidentes relacionados à inundação, esses foram tabulados pela defesa civil e os dados mostram que esses eventos são recorrentes dentro de um mesmo ano e numa repetição anual.

Segundo Cerri (1999), “para termos uma situação de risco, é necessário que haja a possibilidade de ocorrência de um determinado processo em um certo local, bem como que tal ocorrência possa resultar em perdas e danos ao homem”. A ocorrência de vários acidentes e a continuidade temporal desses na área de estudo denota que a probabilidade de ocorrência de inundações nos próximos períodos chuvosos é grande. A isso se somam as características de ocupação e físicas da bacia. Com a população ainda habitando em áreas impróprias esse risco se intensifica. Sobre isso Souza (1996) afirma que os riscos dependem do grau de ocupação das áreas marginais aos canais e da freqüência com a qual a inundação se repete.

Goiânia apresenta ocorrência de inundações e alagamentos em vários pontos de sua malha urbana. Estes pontos podem ser assim agrupados: na parte nordeste da área, na parte central da cidade e na porção sul. A bacia do córrego Pedreira corresponde à porção nordeste citada acima. Segundo dados da defesa civil, existem em Goiânia 645 famílias morando em áreas de risco, mais de 10% dessas famílias mora na bacia do Córrego Pedreira (figura9). Das 69 famílias que moram em áreas de risco próximo ao córrego Pedreira, são 201 adultos e 137 crianças.

Figura9 - Pessoas em área de risco em Goiânia e na bacia do córrego Pedreira, 2006



Considerando que a bacia do Córrego Pedreira representa uma pequena porção da área urbana de Goiânia e apresenta mais de 10% das famílias em áreas de risco, é necessário investigar as causas dessas inundações para que se possam propor medidas de mitigação desses riscos, principalmente pelo grande número de vidas envolvidas inclusive de crianças.

#### 4. Considerações Finais

Considera-se que na bacia do córrego Pedreira, vários fatores têm colaborado para a ocorrência de inundações, tanto fatores do meio físico, como a alta declividade nas porções superiores da encosta, a rugosidade do relevo, as variações hipsométricas, o clima com chuvas concentradas em determinados meses, quanto fatores de ocupação, como a impermeabilização em parte da bacia, a construção de bairros sem infra-estrutura e o assoreamento da drenagem. Para chegar a tais conclusões foi fundamental a utilização das geotecnologias, que facilitaram o acesso a informações e a manipulação dos dados.

#### Referências Bibliográficas

- ANTUNES, A.F.B. e CENTENO, J.A.S. Aplicação de Dados Sensores Remotos Alta Resolução em Zonas Urbanas. In: BLASCHKE, T. e KUX, H. **Sensoriamento Remoto e SIG Avançados: novos sistemas sensores, métodos inovadores**. 2ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. p.189-197.
- CERRI, L.E. S. Riscos Geológicos Urbanos. In: CAMPOS, H e CHASSOT, A (org.). **Ciências da Terra e Meio Ambiente: Diálogos para (inter)ações no Planeta**. São Leopoldo (RS): Unisinos, 1999.
- CERRI, L.E.S e CERRI, L.E.S e AMARAL, C.P. Riscos Geológicos. In: OLOVEIRA, A.M.S. e BRITO, S.N.A. (org). **Geologia de Engenharia**. São paulo: ABGE, 1998. p. 301-310
- COSTA, N.M.C. da; SILVA, J.X. da. Geoprocessamento Aplicado à Criação de Planos de Manejo: o caso do Parque Estadual Pedra da Bacia. In: SILVA, J.X. da; ZAIDAN, R.T. (org). **Geoprocessamento e Análise Ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004
- CUNHA, C.M.L. da e MENDES, I. A. **Proposta de Análise Integrada dos Elementos Físicos da Paisagem: uma abordagem geomorfológica**. Rio Claro: Estudos Geográficos, jan-jun. 2005, 3(1): 111-120. Disponível em: [www.rc.unesp.br/igce/grad/geografia/revista.htm](http://www.rc.unesp.br/igce/grad/geografia/revista.htm) Acesso em: 30/07/2008.
- GUERRA, A.J.T. e MARÇAL, M. dos S. **Geomorfologia Ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006. 192p.
- JORGE F. N.; UEHARA, F. N. Águas de superfície. In: OLIVEIRA A. M. S.; BRITO, S. N. A. (Org.). **Geologia de Engenharia**. São Paulo: ABGE, 1998, p.101-109.
- LAMONICA, M.N. A bacia hidrográfica - de unidade ambiental a territorial. VI Congresso Brasileiro de Geógrafos. Goiânia: 2004. **Anais...** Goiânia: AGB, 2004
- LUCHIARI, KAWAKUBO e MORATO, 2005. Aplicações do sensoriamento remoto na geografia. In: VENTURI, L. A. B. (Org.). **Praticando geografia: técnicas de campo e laboratório**. São Paulo: Oficina de textos, 2005. p.33-54.
- NASCIMENTO, M. A. L. S. O meio físico do Cerrado: Revisitando a produção teórica pioneira. In: ALMEIDA, M. G. (Org.) **Abordagens Geográficas de Goiás: O natural e o social na contemporaneidade**. Goiânia: IESA, p. 47-89, 2002.
- NETTO, C. Bacia hidrográfica e Qualidade Ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. (Org.). **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. 2º ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. p. 153- 192. , P.97
- SANTOS, M. **A Urbanização Brasileira**. 3ª Ed. São Paulo: Hucitec, 1996.
- SOUZA, C. R. de G. **Cartografia de risco à inundação no Litoral Paulista: o exemplo do município de São Sebastião**. Departamento de Geotecnia (USP), departamento e Geologia Aplicada (Unesp), 1996.
- TUCCI, C. E. M. Drenagem Urbana e Controle de Inundações. In: CAMPOS, Heraldo & CHASSOT, Attico (Org). **Ciências da Terra e meio ambiente**. São Leopoldo: Ed. Unisinos, 1999.
- TUCCI, C. E. M.: Coeficiente de Escoamento e Vazão Máxima de Bacias Urbanas. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, RBRH, Vol. 5, Nº. 1, Pág. 61-68, Janeiro/Março, 2000.