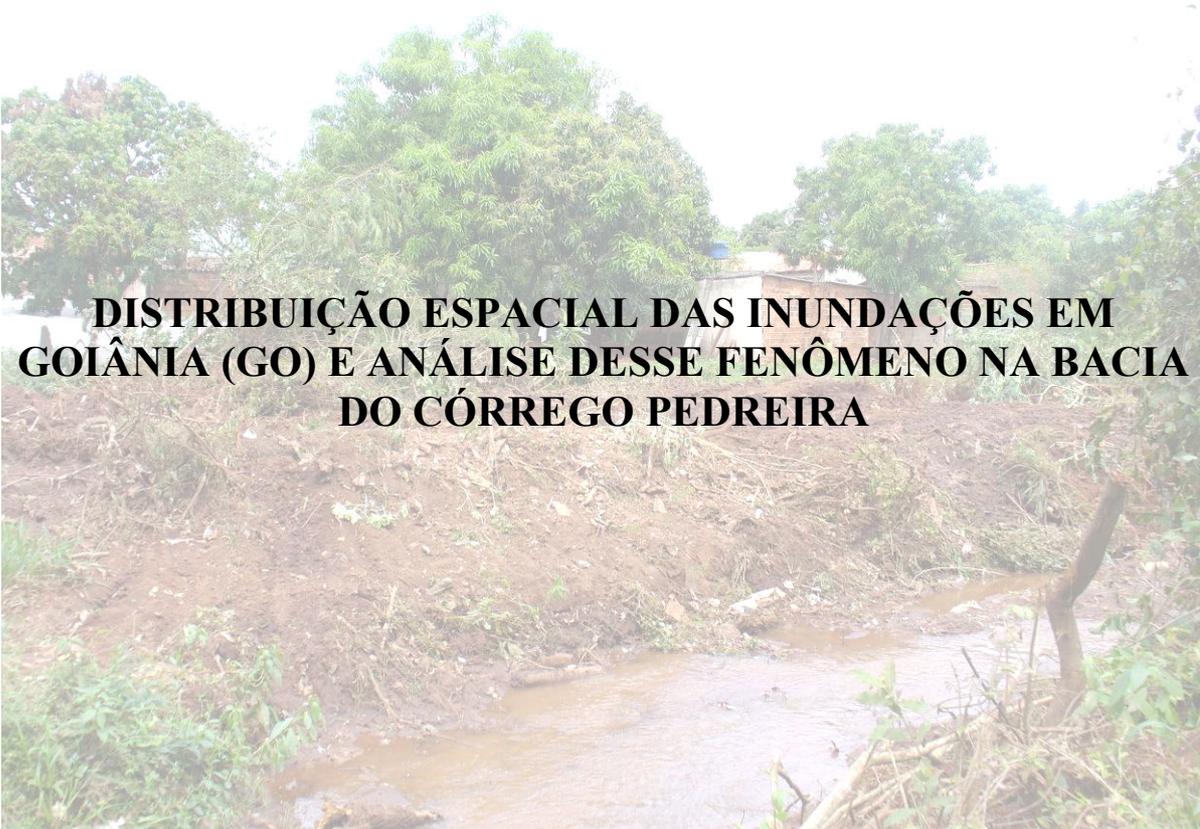


UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE ESTUDOS SÓCIO-AMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
NÍVEL - MESTRADO

KESIA RODRIGUES DOS SANTOS



**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS INUNDAÇÕES EM
GOIÂNIA (GO) E ANÁLISE DESSE FENÔMENO NA BACIA
DO CÓRREGO PEDREIRA**

Goiânia
2010



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE ESTUDOS SÓCIO-AMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
NÍVEL MESTRADO

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS INUNDAÇÕES EM
GOIÂNIA (GO) E ANÁLISE DESSE FENÔMENO NA BACIA
DO CÓRREGO PEDREIRA**

KESIA RODRIGUES DOS SANTOS

ORIENTADORA: DRA. PATRÍCIA DE ARAÚJO ROMÃO

Goiânia
2010

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR AS TESES E DISSERTAÇÕES ELETRÔNICAS (TEDE) NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: **Dissertação** **Tese**

2. Identificação da Tese ou Dissertação

Autor (a):	Kesia Rodrigues dos Santos		
E-mail:	K2r3s4@yahoo.com.br		
Seu e-mail pode ser disponibilizado na página?	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	
Vínculo empregatício do autor			
Agência de fomento:		Sigla:	
País:		UF:	
		CNPJ:	
Título:	Distribuição Espacial das Inundações em Goiânia (GO) e Análise desse Fenômeno na Bacia do Córrego Pedreira		
Palavras-chave:	Inundação; meio físico; ocupação.		
Título em outra língua:			
Palavras-chave em outra língua:			
Área de concentração:	Natureza e Produção do Espaço		
Data defesa: (dd/mm/aaaa)	30/04/2010		
Programa de Pós-Graduação:	Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Geografia – IESA/UFG		
Orientador (a):	Dr ^a . Patrícia de Araújo Romão		
E-mail:	patricia@iesa.ufg.br		
Co-orientador (a):*			
E-mail:			

*Necessita do CPF quando não constar no SisPG

3. Informações de acesso ao documento:

Liberação para disponibilização?¹ total parcial

Em caso de disponibilização parcial, assinale as permissões:

Capítulos. Especifique: _____

Outras restrições: _____

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF ou DOC da tese ou dissertação.

O Sistema da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações garante aos autores, que os arquivos contendo eletronicamente as teses e ou dissertações, antes de sua disponibilização, receberão procedimentos de segurança, criptografia (para não permitir cópia e extração de conteúdo, permitindo apenas impressão fraca) usando o padrão do Acrobat.

Kesia Rodrigues dos Santos
 Assinatura do (a) autor (a)

Data: 02 / 11 / 2010

¹ Em caso de restrição, esta poderá ser mantida por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Todo resumo e metadados ficarão sempre disponibilizados.

KESIA RODRIGUES DOS SANTOS

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS INUNDAÇÕES EM
GOIÂNIA (GO) E ANÁLISE DESSE FENÔMENO NA BACIA
DO CÓRREGO PEDREIRA**

Dissertação em nível de Mestrado apresentada ao Curso de Pós Graduação em Geografia do Instituto de Estudos Sócio-Ambientais - IESA - da Universidade Federal de Goiás, para obtenção do título de Mestre em Geografia.
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Patrícia de Araújo Romão

Goiânia
2010

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação na (CIP)
GPT/BC/UFG**

S237d	<p>Santos, Kesia Rodrigues dos. Distribuição Espacial das Inundações em Goiânia (GO) e Análise desse Fenômeno na Bacia do Córrego Pedreira [manuscrito] / Kesia Rodrigues dos Santos. - 2010. xv, 100 f. : il., figs, tabs.</p> <p>Orientadora: Prof.^a Dr.^a. Patrícia de Araújo Romão. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Instituto de Estudos Sócio-Ambientais, 2010. Bibliografia. Inclui lista de ilustrações e tabelas. Apêndice.</p> <p>1. Inundação 2. Córrego Pedreira – Goiânia. I. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU: 551.311.1(817.3)</p>
-------	--

KESIA RODRIGUES DOS SANTOS

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS INUNDAÇÕES EM GOIÂNIA (GO) E ANÁLISE DESSE FENÔMENO NA BACIA DO CÓRREGO PEDREIRA

Defesa de dissertação no curso Mestrado em Geografia, do Instituto de Estudos Sócio-Ambientais - IESA - da Universidade Federal de Goiás (UFG), aprovada em _____ de _____ de _____, pela Banca Examinadora constituída pelos seguintes professores:

Prof^a. Dr^a. Patrícia de Araújo Romão - UFG
Presidente da Banca

Prof. Dr. Gustavo Macedo de Mello Baptista - UnB

Prof. Dr. Ivanilton José de Oliveira - UFG

Ao meu querido padrinho Antônio Manoel que, mais que ninguém, me apoiou no decorrer dessa caminhada. Que representou sempre na minha vida a palavra amiga, o apoio certo.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que com sua equipe eficiente tem me amparado sempre.

A professora e orientadora desta dissertação, Dr^a. Patrícia de Araújo Romão, pela paciência quase inesgotável, pelo estímulo ao meu crescimento profissional e companheirismo cotidiano.

Aos meus pais, Maria e Lorival, que me deram tudo o que eu precisava, mas jamais tudo o que eu quis.

Aos meus irmãos, Everton e Emanuel, pela parceria em todos os momentos, dos mais felizes aos mais dramáticos.

Ao vovô e a vovó, João e Cecília, que são meus exemplos de vida.

Ao Ricardo Júnio, que com muita paciência supera ao meu lado cada barreira, cada dificuldade. Enfrentando no dia-a-dia os desafios de ser casado com uma eterna estudante.

A essa criança que hoje em meu ventre representa a realização do maior de meus sonhos... ser mãe.

Aos meus demais familiares que são o abraço certo nas horas incertas.

Aos poucos, mas bons amigos que me acompanharam nesses dois longos anos.

A minha querida amiga Sandra, que foi companheira inseparável nessa caminhada e me aguentou nas crises e nos rompantes de felicidade.

Aos colegas de trabalho que compreenderam meu momento e me apoiaram.

Aos colegas do mestrado que fizeram a árdua caminhada ser mais suave, dentre eles cito aqui queridos amigos, que com louvor representam todos, o Leandro, companheiro desde a graduação, o José Carlos, a Lara, a Wânia e o Elizon.

Aos professores, que colaboraram com bons exemplos que quero seguir. Inclusive os professores que me acompanharam durante a graduação e me proporcionaram deslumbrar novos horizontes.

Em especial ao professor Homero, que me orientou durante minha graduação na Universidade Estadual de Goiás, me incentivou a dar os primeiros passos acadêmicos, me direcionou durante minha formação e que hoje é meu grande amigo.

A Defesa Civil e ao INMET pela disponibilização dos dados.

E a todos aqueles que de alguma forma contribuíram e incentivaram a realização deste trabalho.

*Se as coisas são inatingíveis... ora !
Não é motivo para não querê-las...
Que tristes os caminhos, se não fora
A mágica presença das estrelas!*

(Mário Quintana)

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01	Localização da bacia do córrego Pedreira em relação ao município de Goiânia.....	01
Figura 02	Esquema representativo de ocupação do leito maior de um rio.....	06
Figura 03	Esquema representativo de modificação e ocupação do leito maior de um rio.....	12
Figura 04	Mapas de formas de vertentes.	22
Figura 05	Espacialização das inundações em Goiânia, com base em dados de 2004 a 2007.....	35
Figura 06	Locais com registros de Inundações por Bacias Hidrográficas em Goiânia.....	36
Figura 07	Pessoas em área de risco em Goiânia e na bacia do córrego Pedreira, 2006.....	36
Figura 08	Rede hidrográfica e hierarquia fluvial da bacia do córrego Pedreira.....	38
Figura 09	Visão panorâmica de parte da bacia do córrego Pedreira.....	39
Figura 10	Visão panorâmica da alta bacia.....	39
Figura 11	Geologia da bacia do córrego Pedreira. Escala do mapa original.....	41
Figura 12	Precipitação (mm) no município de Goiânia no período de 1961-1990. Média das precipitações mensais em 30 anos.....	43
Figura 13	Precipitação em Goiânia - Janeiro a Dezembro de 2007.....	44
Figura 14	Precipitação em fevereiro de 2007 (mês mais chuvoso do ano).....	44
Figura 15	Mapa geomorfológico da bacia do córrego Pedreira.....	47
Figura 16	Mapa Hipsométrico da bacia do córrego Pedreira.....	49
Figura 17	Compartimento de relevo mais movimentado.....	50
Figura 18	Compartimento de relevo mais suave.....	50
Figura 19	Mapa de localização dos perfis topográficos na bacia do córrego Pedreira.....	51
Figura 20	Perfil Longitudinal AB.....	51
Figura 21	Perfis Transversais CD e EF.....	52
Figura 22	Perfil Transversal GH.....	52
Figura 23	Perfil Transversal IJ.....	53
Figura 24	Exemplo de local com relevo suave.....	54
Figura 25	Exemplo de local com relevo dissecado.....	54
Figura 26	Declividades na bacia do córrego Pedreira.....	55
Figura 27	Mapa de curvatura em perfil da bacia do córrego Pedreira.....	57

Figura 28	Vertente convexa no bairro João Paulo II.....	58
Figura 29	Segmento côncavo da vertente.....	58
Figura 30	Mapa de curvatura plana da bacia do córrego Pedreira.....	59
Figura 31	Segmento côncavo na vertente do córrego Bálsamo.....	60
Figura 32	Segmento côncavo na vertente sul do córrego Pedreira.....	60
Figura 33	Mapa de solos da bacia hidrográfica do córrego Pedreira.....	61
Figura 34	Neossolo Flúvico.....	62
Figura 35	Gleissolo.....	62
Figura 36	Suscetibilidade às inundações e aos alagamentos na bacia hidrográfica do córrego Pedreira.....	66
Figura 37	Uso Urbano.....	69
Figura 38	Uso Rural.....	69
Figura 39	Uso do solo na bacia do córrego Pedreira.....	70
Figura 40	Distribuição dos bairros na bacia do córrego Pedreira.....	72
Figura 41	Imagem Quick Bird (2002).....	73
Figura 42	Ortofoto (2006).....	74
Figura 43	Modificações na ocupação de parte da bacia entre 2002 e 2006.....	75
Figura 44	Quadras e arruamentos.....	76
Figura 45	Quadras e lotes.....	76
Figura 46	Invasão Guanabara II.....	77
Figura 47	Vista dos excluídos em relação ao condomínio fechado.....	77
Figura 48	Bueiro no bairro Guanabara II.....	78
Figura 49	Vista da invasão Jardim Guanabara II.....	78
Figura 50	Taxa de ocupação da porção urbanizada da bacia e usos rurais.....	81
Figura 51	Áreas com possibilidade de infiltração na bacia do córrego Pedreira.....	83
Figura 52	Assoreamento e drenagem do canal do córrego Pedreira	84
Figura 53	Visão panorâmica dos Bairros da porção sul da bacia que estão amplamente urbanizados.....	84
Figura 54	Área de Preservação Permanente.....	86
Figura 55	Área de Preservação Permanente no Bairro Guanabara II.....	87
Figura 56	Curvas de nível no bairro Guanabara II.....	89
Figura 57	Carta Clinográfica no bairro Guanabara II.....	89
Figura 58	Curvatura em perfil no bairro Guanabara II.....	90
Figura 59	Curvatura em planta no bairro Guanabara II.....	90
Figura 60	Moradias subnormais construídas entre o bairro Jardim Guanabara II e o córrego Pedreira.....	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 01	Classificação dos riscos a inundações a partir da ocupação e da suscetibilidade.....	25
Tabela 02	Ocorrência de eventos relacionados à dinâmica fluvial em Goiânia.....	27
Tabela 03	Goiânia: Risco de desastres relacionado com incremento de precipitações hídricas e com as inundações.....	28
Tabela 04	Áreas de risco delimitadas pela defesa civil em 2004 e 2007.....	32
Tabela 05	Famílias em área de risco em 2006 – Goiânia.....	32
Tabela 06	Localização das inundações em Goiânia.....	33
Tabela 07	Precipitação em totais mensais (mm), de 1970 a 2009, estação meteorológica do INMET, município de Goiânia - GO.....	45
Tabela 08	Comparação entre os compartimentos leste e oeste da bacia.....	62
Tabela 09	Caracterização da ocupação na bacia do córrego Pedreira.....	78
Tabela 10	Características de infiltração dos bairros na bacia do córrego Pedreira...	81

SUMÁRIO

	LISTA DE ILUSTRAÇÕES	
	LISTA DE TABELAS	
	RESUMO	
	INTRODUÇÃO	01
1	INUNDAÇÕES - BREVE DISCUSSÃO TEÓRICA	04
1.1	Tipos e causas das inundações.....	05
1.2	Risco ambiental, suscetibilidade e acidentes	11
1.3	Consequências das inundações.....	11
1.4	Algumas tendências e aplicações práticas do geoprocessamento em análise ambiental.....	12
2	O CAMINHO E OS PASSOS	14
3	ESPACIALIZAÇÃO DAS INUNDAÇÕES EM GOIÂNIA	26
4	CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO PEDREIRA	37
4.1	Hidrografia.....	37
4.2	Geologia.....	40
4.3	Clima.....	42
4.4	Geomorfologia.....	46
4.5	Solos.....	60
4.6	O meio físico e as inundações.....	62
4.7	Suscetibilidade às inundações e aos alagamentos.....	64
5	OCUPAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO PEDREIRA	68
5.1	Uso do Solo, Ocupação e Áreas de Infiltração.....	69
5.2	Riscos Ambientais e Ocupação de Áreas Irregulares.....	85
5.3	Detalhamento do Jardim Guanabara II.....	89
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	92
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95
	APÊNDICE	100

RESUMO

O presente trabalho foi realizado em duas escalas, a primeira de caráter amplo considera as inundações ocorridas na cidade de Goiânia, numa segunda fase detalha-se a bacia hidrográfica do córrego Pedreira, localizada na região nordeste de Goiânia, no estado de Goiás. O objetivo deste trabalho foi espacializar as áreas de risco de inundação em Goiânia, e identificar as causas e consequências das inundações na bacia do córrego Pedreira. A escolha da área de estudo pautou-se nos recorrentes acidentes registrados na bacia e no número de pessoas vítimas desses eventos, que é significativo em relação a todas as áreas de risco da capital. Buscou-se analisar as características naturais e de ocupação da área por meio do levantamento de dados, pesquisa bibliográfica, trabalho de campo, mapeamento de características morfológicas e morfométricas da bacia, cartografia de uso da terra, entrevistas com os moradores, delimitação das áreas inundáveis/ acidentes e elaboração do mapa de suscetibilidade. Para o mapeamento adotou-se a escala de 1/20.000. Os resultados levaram à conclusão que as inundações ocorrem devido a condicionantes do meio físico, que são intensificados pela ocupação da bacia. Os condicionantes naturais, relacionados ao meio físico, incluem o regime de chuvas da região, a alta declividade nas porções superiores da encosta, a rugosidade do relevo, as variações hipsométricas, a tendência à concentração de fluxo em alguns segmentos côncavos, a forma da bacia hidrográfica e a existência de planície de inundação a partir da meia bacia. A ocupação, por sua vez, provoca a impermeabilização da bacia hidrográfica, o assoreamento e o estrangulamento da drenagem. Na bacia do córrego Pedreira ocorre ainda a ocupação por moradias irregulares de áreas destinadas à preservação, na planície de inundação às margens do córrego Pedreira. A população, incluindo as crianças, fica então sujeita às ocorrências de inundação.

Palavras - chave: inundação; meio físico; ocupação.

ABSTRACT

The present work was realized in two scales, the first of a general character to consider the inundations that happened in Goiânia city, and in the second phase to detail the hydrographic basin of Pedreira stream localized in the north-east region of Goiânia, in the Goiás state. The objective of this work was to spatialize the area of inundation risk in Goiânia and identify the cause and consequence of inundations of Pedreira stream. The choice of area in the study was based on the agenda in resort to accidents register in the basin and the number of people victim these events, that it is significant in relation all areas risk in the capital. It searched to analyze the natural and the occupation of area characters through survey of fact, search of bibliography, fieldwork, mapping of morphologic and morphometric characters in this basin, mapping land use, interviews with residents, separation of inundations area / accident and elaboration of susceptibility map. For the mapping we adopted the scale 1/20.000. The results took a conclusion that the inundations happen because the condition of physical process that was intensified for basin occupation. The natural conditions, related of physical process, include the regime of rain of the region, the high slope in the portion more higher of the basin, like relief rugosity, the variation hypsometric, tendency to the concentration of the flow in some concave segments, the form the hydrographic basin and the existence of inundation plain in half basin, the siltation and strangle of the drainage. The basin of Pedreira stream happen than occupation of irregular dwelling of areas destined to preservation, in the inundation plain in the bank Pedreira stream. The population, include children, is subject at the inundation occurrence.

Key-words: inundation, physical process, occupation.

INTRODUÇÃO

Este trabalho é fruto de uma pesquisa realizada numa bacia do município de Goiânia, localizada na porção nordeste da cidade. O tema da pesquisa é: inundações urbanas e, mais especificamente, ocorrências de inundações urbanas em Goiânia (GO) com enfoque na Bacia do Córrego Pedreira (Figura 1).

LOCALIZAÇÃO DA BACIA DO CÓRREGO PEDREIRA GOIÂNIA (GO)

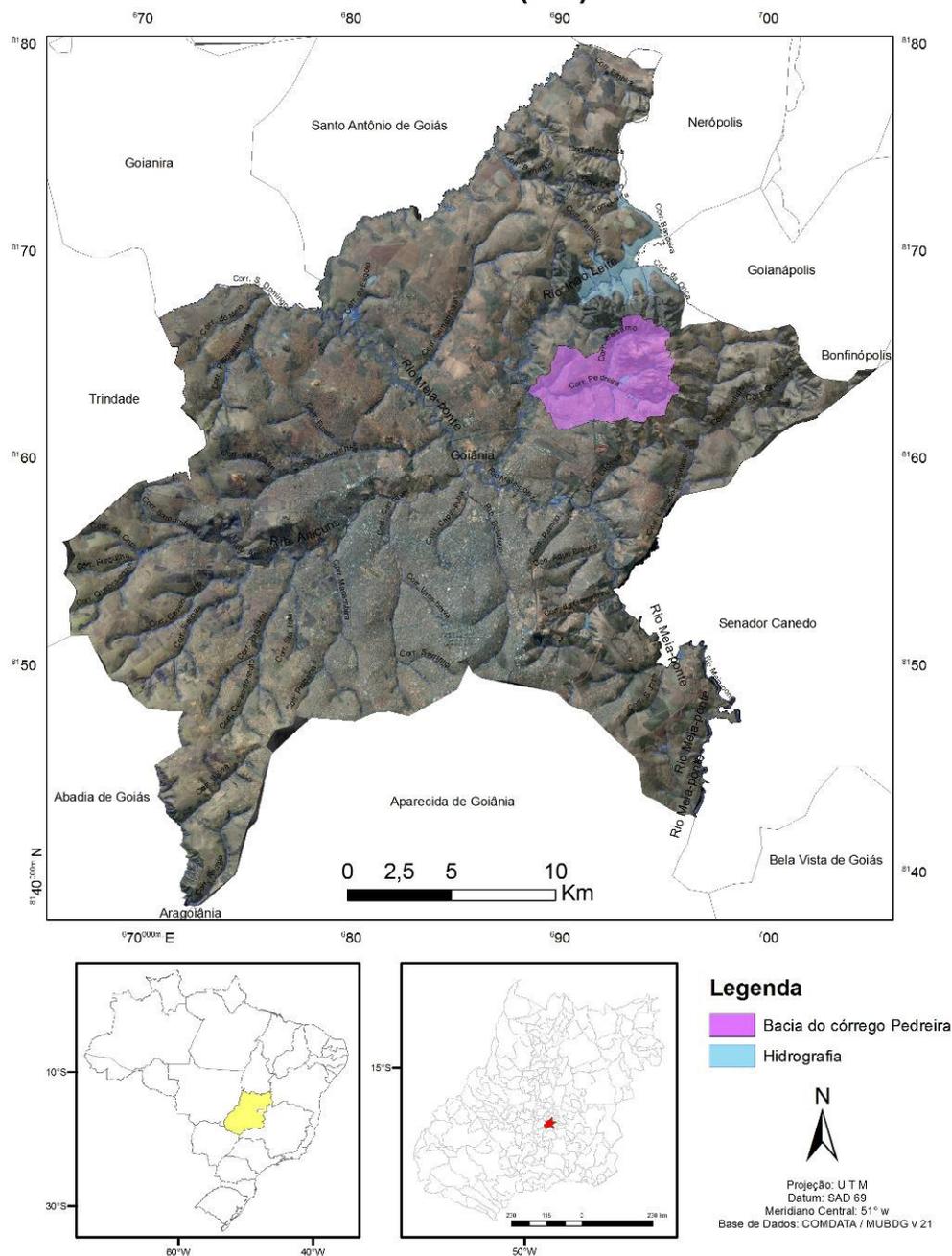


Figura 1 - Localização da bacia do córrego Pedreira em relação ao município de Goiânia.

Goiânia localiza-se na mesorregião denominada Centro Goiano (IBGE, 2007). A capital de Goiás é uma metrópole que experimentou um grande crescimento nas últimas décadas. Apresentando hoje mais de 1,2 milhões de habitantes, a cidade 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 relacionados à inundação. Isso pode ser verificado nas notícias sobre esses fenômenos veiculadas em jornais da cidade e em dados da defesa civil.

Dentro desse processo de urbanização foram ocupadas as planícies de inundação, inclusive na forma de habitações subnormais (assentamentos precários). Ferreira et al. (2004) afirmam que em 2004, Goiânia possuía 7.000 famílias morando em áreas de riscos relacionados à dinâmica fluvial, sendo em sua maioria moradias irregulares.

Para verticalização do tema inundação em Goiânia foi escolhida a bacia do córrego Pedreira que possui área de 24,9 km² e tem como característica ser uma bacia urbana no limite com usos rurais. Essa bacia fica localizada na porção nordeste de Goiânia e apresenta grande número de acidentes, relacionados à inundação. A escolha da área para realização do estudo detalhado pautou-se nos recorrentes acidentes registrados na bacia e no número de pessoas vítimas desses eventos, que como é discutido ao longo do trabalho, apresenta-se significativo em relação a todas as áreas de risco da capital. Por tanto, fez-se necessário investigar com maior detalhe a ocorrência de inundações na bacia em questão, considerando os condicionantes naturais e os fatores antrópicos que intensificam esse fenômeno.

Outros fatores que motivaram a escolha da área de pesquisa foram: o fato de a bacia hidrográfica ser tributária do ribeirão João Leite (responsável pelo abastecimento da cidade de Goiânia), uma diversidade expressiva do relevo dessa bacia em relação às demais da cidade, a ocupação por moradias de alta renda nas cabeceiras de drenagem (e interflúvios) 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”. Em relação a fatores relacionados com a geomorfologia da bacia, ela apresenta vertentes côncavas,

concentradoras de fluxo nas proximidades das baixas vertentes, a planície fluvial foi ocupada e segundo moradores, a várzea foi aterrada para que pudesse haver a ocupação dessa área.

Esta pesquisa visou então, entender os fatores que são determinantes na ocorrência dessas inundações, assim como as suas consequências para a sociedade. A questão norteadora da pesquisa pode então ser formulada assim: “Quais são as áreas de ocorrência de inundação em Goiânia, e quais são as causas e consequências dessas inundações na bacia do córrego Pedreira”?

Logo, a partir do exposto, o objetivo geral dessa pesquisa foi espacializar as áreas de risco de inundação em Goiânia, e identificar as causas e consequências das inundações na bacia do córrego Pedreira.

Os Objetivos Específicos são:

- Identificar a distribuição espacial das áreas de inundação em Goiânia;
- Caracterizar os aspectos geomorfológicos da bacia do Córrego Pedreira, buscando a natureza geomorfológica das inundações nesta bacia;
- Identificar o uso, ocupação e impermeabilização do solo na bacia do Córrego Pedreira e suas relações com as inundações;
- Avaliar os riscos de inundação.

A estrutura dessa dissertação foi dividida em cinco capítulos. O primeiro discute o conceito e os tipos de inundação, além de outros temas relacionados à ocorrência desse fenômeno. O segundo capítulo apresenta o método de análise adotado com suas potencialidades e limitações, as metodologias mais utilizadas para o estudo desse tema em Geografia e a que foi adotada para trilhar o caminho proposto pelo método. O terceiro capítulo discorre sobre a ocorrência de inundações em Goiânia e sobre sua espacialização dentro do município, mostrando os motivos que levaram à escolha da bacia do córrego Pedreira como área de estudo. O quarto capítulo trata especificamente da bacia estudada e mostra suas características do meio físico, a relação desses com a ocorrência de inundações, bem como a suscetibilidade da área urbana da bacia às inundações e aos alagamentos. O último capítulo mostra as características de uso e de ocupação da bacia e a relação dessas com a intensificação das inundações, assim como a análise conjunta dos fatores de suscetibilidade natural e de ocupação que levaram a definição de locais com potencial de risco a inundações e alagamentos.

1 INUNDAÇÕES - BREVE DISCUSSÃO TEÓRICA

Abordam-se neste capítulo temas relacionados às inundações urbanas, que de acordo com Tucci (1999) são classificadas em ribeirinhas, urbanas e localizadas. Este autor assinala que os três tipos podem ainda estar associados em um mesmo local. A partir desse eixo central discutem-se as posições de outros autores em relação ao tema. Também são contemplados neste capítulo temas relacionados às inundações, dentre os quais se destaca o processo de urbanização, as questões relacionadas à vazão e ao escoamento superficial, bem como os conceitos de risco, suscetibilidade e acidente.

No Brasil, houve uma aceleração do processo de urbanização, gerando uma população urbana morando em áreas com infra-estrutura inadequada. Essa população está concentrada principalmente em regiões metropolitanas. O planejamento urbano no Brasil não tem considerado aspectos fundamentais como o controle das cheias urbanas, o que causa transtornos e prejuízos para a sociedade e o ambiente, aumentando a frequência de inundações (TUCCI, *op.cit.*). Esse processo também é observado em outros países em desenvolvimento como afirmam Tucci e Berton (2003).

*El proceso de urbanización observado en los países en desarrollo presenta gran concentración poblacional en pequeñas áreas, con deficiencias en los sistemas de transporte, de abastecimiento y saneamiento, problemas de contaminación del aire y el agua e inundaciones. Estas condiciones ambientales inadecuadas reducen las condiciones de salud y, por ende, afectan la calidad de vida de la población. [...] Los barrios de las regiones marginales más pobres son de carácter desordenado, con construcciones no reglamentadas. En la mayoría de los casos son barrios no integrados o sub-integrados del punto de vista socio-económico, con carencia de sistemas de servicios urbanos colectivos (Tucci e Berton, *op.cit.*).*

Vê-se ainda que no Brasil ocorre não só a falta de acesso aos serviços básicos, como também a exposição dessa população a situação de risco ambiental. Cabe ressaltar que os riscos ambientais não são exclusivos dessa população “excluída”, mas frequentemente afetam com maior intensidade essa população vítima da segregação sócio-espacial. Sobre isso Parkinson *et al.* (2003) destacam que:

*As enchentes no Brasil são um problema crônico e afetam principalmente as comunidades de baixa renda por causa da localização de suas residências. No Brasil há segregação social e conseqüentemente segregação de infra-estrutura, populações de baixa renda tem pouco acesso a saneamento [no sentido amplo] (PARKINSON *et al.*, *op.cit.*).*

Parkinson *et al.* (*op.cit.*) destacam ainda que a parcela da população que tem disponibilidade de infra-estrutura e drenagem recebe impactos de forma menos intensa do que a população com menor poder aquisitivo.

Vê-se que o processo de urbanização no Brasil foi desordenado no que diz respeito, também, ao planejamento de uma infra-estrutura adequada ao crescimento previsto da população. Isso faz com que o problema da drenagem esteja diretamente associado com a urbanização. O crescimento populacional acarreta um aumento tanto na porcentagem de área impermeável quanto no número de eventos de cheia (PARKINSON *et al.*, 2003). Portanto, essa relação entre urbanização, impermeabilização, escoamento superficial e inundação, é também considerada nas reflexões desse trabalho, bem como as relações do meio físico com a ocorrência das inundações.

1.1 Tipos e causas das inundações

As inundações em áreas urbanas são fenômenos condicionados por fatores naturais, que podem ser agravados devido a fatores antrópicos. Tucci (1999) apresenta tal afirmação e assinala também que processos naturais e antrópicos podem atuar de forma integrada nas inundações em áreas urbanas.

Christofolletti (1980) afirma que a planície de inundação pode ser definida e delimitada por critérios diversos, conforme a perspectiva e os objetivos dos pesquisadores. O conceito de inundação apresentado por Oliveira (1998, p.11) foi adotado como referência neste trabalho. Segundo esse autor,

[...] inundações são fenômenos que fazem parte da dinâmica fluvial, atingindo periodicamente as várzeas, também denominadas planícies de inundação. Correspondem ao extravasamento das águas de um curso de água para as áreas marginais, quando a vazão é superior à capacidade de descarga da calha.

A planície de inundação segundo Oliveira (*op.cit.*), funciona como um regulador hidrológico, absorvendo o excesso de água nos períodos de intensas chuvas e consequentes cheias. Todo e qualquer rio tem sua área natural de inundação.

Cabe ainda ressaltar que o extravasamento não se dá de forma homogênea ao longo do canal de drenagem e nem mesmo em relação as suas margens. Christofolletti, (1980) afirma que é na margem côncava que a escavação no leito do rio ocorre, também é nessa margem que há maior velocidade do fluxo. Em contrapartida, na margem convexa ocorre deposição, em que o fluxo apresenta menor velocidade. Nessa relação diferencial entre as margens observa-se que a maior parte do transbordamento ocorre nas margens côncavas.

As inundações em áreas ribeirinhas, segundo a classificação de Tucci (1999) são aquelas que fazem parte da dinâmica natural de um canal de drenagem. Neste caso a ocupação não é a causa da inundação e o acidente ocorre porque áreas naturalmente inundáveis foram ocupadas. Esse mesmo autor ressalta ainda em outra obra (TUCCI, 2003b), que quando a precipitação é intensa e o solo não tem capacidade de infiltrar, grande parte do volume esco para o sistema de drenagem, superando sua capacidade natural de escoamento. O excesso do volume que não é drenado ocupa a várzea, inundando de acordo com a topografia das áreas próximas aos rios. Estes eventos ocorrem de forma aleatória em função dos processos climáticos locais e regionais.

Para que a inundação ribeirinha aconteça, uma combinação de fatores deve ocorrer. Tais fatores podem ser: o tipo de ocupação das planícies fluviais, que podem diminuir a capacidade de escoamento do leito fluvial; as características hidráulicas dos solos e rochas; a densidade de drenagem e a forma geométrica da bacia hidrográfica; entre outros fatores, conforme é discutido a seguir.

O primeiro fator das inundações ribeirinhas quando essas afetam a população, é a ocupação da planície fluvial ou leito maior, área naturalmente inundável (JORGE e UEHARA, 1998). Nesse caso os ribeirinhos acabam interferindo e ao mesmo tempo ficando expostos à dinâmica natural do rio. Os rios geralmente possuem dois leitos, o leito menor onde a água esco na maioria do tempo e o leito maior, que é inundado com risco geralmente entre 1,5 e 2 anos. O impacto, nesse caso, ocorre quando a população ocupa o leito maior do rio, ficando sujeita à inundação (TUCCI, 2003a). A figura 02 demonstra essa ocupação das áreas ribeirinhas sujeitas à inundação.

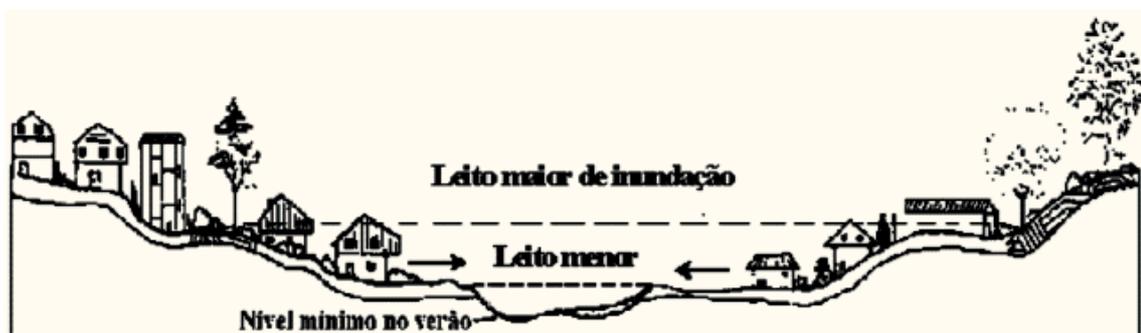


Figura 02 - Esquema representativo de ocupação do leito maior de um rio.
Fonte: TUCCI, (2003a)

Sobre isso, Tucci (2003a) afirma que essas enchentes ocorrem, principalmente, pelo processo natural no qual o rio esco pelo seu leito maior. Esse tipo de enchente é decorrência de processo natural do ciclo hidrológico. Quando a população ocupa o leito

maior, que são áreas de risco, os impactos são frequentes. Como os rios nos períodos chuvosos saem do seu leito menor e ocupam o leito maior de forma irregular ao longo do tempo, a população tende a ocupar o leito maior, ficando sujeita ao impacto das inundações.

A sequência de anos sem enchentes é razão suficiente para que as áreas inadequadas sejam loteadas. Pode ser destacada como uma das ações que levam a ocupação de áreas de risco, a invasão de áreas ribeirinhas que pertencem ao poder público, pela população de baixa renda. Outra ação que pode ser enumerada refere-se à ocupação de áreas de médio risco, que são atingidas com frequência menor, mas que quando o são, desencadeiam prejuízos significativos (TUCCI, 2003a).

A forma geométrica de uma bacia hidrográfica também pode ser relacionada com a ocorrência de inundações. Para obter a forma da bacia procura-se relacionar a forma da mesma com as formas geométricas conhecidas, sendo essas indicativas de uma maior ou menor tendência para a ocorrência de enchentes. A partir do fator forma, pode-se definir a predisposição da bacia a inundações utilizando a relação entre a largura média e o comprimento axial da bacia. Uma bacia estreita e longa, por exemplo, é menos sujeita às inundações (JORGE & UEHARA, 1998). Christofolletti (1980) apresenta diversos índices que podem ser aplicados para se definir a forma da bacia, dentre eles está o índice de forma que compara a área da bacia com a da figura geométrica que possa cobrir da melhor forma possível a bacia hidrográfica.

Outro fator a se considerar é densidade de drenagem, pois a partir de seu conhecimento pode-se avaliar a velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica. Esse parâmetro é ainda indicativo da permeabilidade relativa do terreno, percebe-se que terrenos relativamente impermeáveis apresentam densa rede de drenagem (JORGE & UEHARA, *op.cit.*).

Para compreender a dimensão do processo de inundação é necessário ainda conhecer e relacionar outros fatores que fazem parte da dinâmica fluvial e das águas de superfície. Dentre esses, destacam-se a vazão e o escoamento superficial. A vazão pode ser entendida como o volume de água escoado na unidade de tempo, em um determinado curso d'água. Devido ao comportamento sazonal das chuvas, a vazão de um rio é muito variável ao longo do ano, podendo também variar de ano para ano (JORGE; UEHARA, 1998). A vazão tem íntima relação com a ocorrência das inundações. Numa análise qualitativa pode-se relacionar o escoamento superficial à vazão e às inundações.

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, ultrapassando um valor limite, excedem a capacidade normal das seções de escoamento dos cursos d'água, configurando as cheias, podendo provocar as inundações (JORGE & UEHARA, 1998). A vazão de pico (de cheia) depende do escoamento das águas pluviais, que ocorre quando a quantidade de água precipitada é maior que a velocidade de penetração no solo (NASCIMENTO, 2002).

O escoamento superficial ou deflúvio tem forte influência na vazão e na ocorrência de inundações e segundo Jorge e Uehara (*op.cit*), “corresponde à parcela da água precipitada que permanece na superfície do terreno, sujeita a ação da gravidade que a conduz para cotas mais baixas”. De acordo com as características do deslocamento das águas de superfícies, essas podem provocar erosão dos solos, inundações das várzeas etc.

Esse escoamento, além de depender da forma da bacia de drenagem e de outros fatores, também depende das características hidráulicas dos solos e das rochas, da cobertura vegetal e das estruturas biológicas, da declividade de sua superfície e do teor de umidade dos seus terrenos. Nas regiões ocupadas pelo homem, deve-se ainda considerar as diversas formas de uso do solo que intensificam ou atenuam o escoamento superficial (JORGE; UEHARA, *op.cit*).

Em condições naturais a água que não infiltra, ou pelas características do terreno ou pelo solo já encharcado, escoam em direção às drenagens, aumentando sua vazão de pico. Após a urbanização esse escoamento é intensificado pela implantação de estruturas impermeáveis no sítio urbano, a água que antes infiltrava passa a incrementar o escoamento superficial.

Além das características da bacia hidrográfica que foram citadas, o clima também influencia na ocorrência das inundações. A existência de um período chuvoso com concentração de chuvas em alguns meses do ano, somado à precipitação irregular, dentro do mesmo período chuvoso, com dias ou horas de chuva intensa intercalados de períodos curtos de estiagem, podem também favorecer a ocorrência das inundações. Isso ocorre porque nas chuvas intensas 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.

No que se refere à inundações devido à urbanização, ou à drenagem urbana, essa pode ser entendida com base na análise da ocupação e conseqüentemente impermeabilização. Na medida em que a população impermeabiliza o solo e acelera o escoamento por meio de condutos e canais, a quantidade de água que chega ao mesmo tempo no sistema de drenagem aumenta, produzindo inundações mais frequentes do que as que existiam quando a superfície

era mais permeável e o escoamento se dava pelo ravinamento natural (TUCCI, 2003b). Nesses casos, embora a inundação seja um fenômeno natural, ela pode também ocorrer em áreas nunca atingidas pelas águas ou não suscetíveis à inundação, mas que se tornaram sujeitas a sua ocorrência devido à ação antrópica (SOUZA, 1996).

Segundo Tucci (1999) as inundações devido à urbanização ocorrem devido à impermeabilização de pequenas e médias bacias hidrográficas urbanas. 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.

Com a urbanização verificam-se ainda alterações na rede de drenagem natural que é substituída por estruturas artificiais, aumento na extensão de áreas impermeáveis e mudanças no micro-clima local (TUCCI; VILLANUEVA; CRUZ, 2000). Com uma maior impermeabilização ocorre menor infiltração, menor recarga do aquífero e menor vazão do rio entre as cheias.

Assim, sobre as modificações empreendidas pelo desenvolvimento urbano, Tucci (1999) destaca que os principais efeitos que alteram os componentes do ciclo hidrológico natural são: (a) Mudanças no balanço hídrico em relação ao quantitativo, que compreende redução da infiltração no solo, aumentando o escoamento superficial (condutos pluviais o tornam mais rápido, aumentando as vazões máximas e antecipando seus picos no tempo), diminuem o nível do freático (por falta de alimentação) reduzindo o escoamento subterrâneo. Com a redução da cobertura vegetal natural também ocorre redução da evapotranspiração. (b) Aumento da temperatura nas áreas urbanas, onde as superfícies impermeáveis em consequência aumentam e absorvem parte da energia solar, aumentando a temperatura ambiente, produzindo *ilhas de calor* na parte central dos centros urbanos, onde predomina o asfalto e o concreto e a emissão de partículas na atmosfera é constante.

O aumento da temperatura também cria condições de movimento de ar ascendente que pode criar condições para o aumento da precipitação. Como na área urbana as precipitações críticas são as mais intensas e de baixa duração, essas condições contribuem para agravar as enchentes urbanas (TUCCI, *op.cit*). Desse modo, a existência do sítio urbano afeta também o micro-clima, contribuindo para a ocorrência de inundações.

É fato aceito que se houver realmente efeito da urbanização sobre as chuvas ele se dará no sentido de aumentar não somente o volume precipitado, mas também as intensidades

máximas, sobretudo à medida que as durações diminuem (SILVEIRA, 2000). Isso resulta em mais intensidade em menos tempo.

A urbanização também influencia na velocidade das águas dos rios, que por sua vez também pode influenciar nas inundações. Essa velocidade depende basicamente da declividade, do volume das águas, da forma da seção e da rugosidade do relevo (JORGE; UEHARA, 1998), isso em condições normais. Com a urbanização outros fatores se somam a estes para influenciar na ocorrência de inundações.

Assim em síntese os impactos principais devido à urbanização sobre o sistema de drenagem são o aumento do pico de vazão de cheia, a antecipação no tempo desta vazão máxima e o aumento do escoamento superficial (TUCCI, 1999), além do aumento da intensidade das precipitações.

As enchentes aumentam a sua frequência e magnitude devido à impermeabilização, ocupação do solo e a construção da rede de condutos pluviais. O desenvolvimento urbano pode também produzir obstruções ao escoamento, como aterros e pontes, drenagens inadequadas, obstruções ao escoamento junto a condutos e assoreamento. Quando são construídos condutos e canais, e quando as superfícies são impermeabilizadas, pode ocorrer o aumento das vazões máximas em até 7 vezes e da sua frequência devido ao aumento do escoamento (TUCCI, 2003a).

Cabe ainda ressaltar que esses dois efeitos, inundações ribeirinhas e urbanas, podem ocorrer isoladamente ou combinados. Geralmente as inundações ribeirinhas ocorrem em bacias de grande e médio porte ($> 500 \text{ km}^2$), no trecho onde a declividade é baixa e a seção de escoamento é pequena. Enquanto as inundações devido à drenagem urbana ocorrem em pequenas bacias urbanizadas, com área superficial de 1 a 100 km^2 (TUCCI, 2003b). Esse parâmetro já é um indicativo da importância de se analisar os condicionantes antrópicos das inundações quando tem-se como objeto uma bacia de caráter predominantemente urbano.

Existem ainda as inundações localizadas que podem ser provocadas por: estrangulamento da seção do rio, remanso, erros de execução e projeto de drenagem de rodovias e avenidas, entre outros (TUCCI, 1999). Dentre esses fatores pode-se destacar o estrangulamento da seção por pontes e bueiros, a construção de aterros no leito do rio, assoreamento da drenagem por sedimentos e/ou lixo. O aumento de sedimentos e material sólido, além dos estrangulamentos reduzem a capacidade de escoamento dos rios. Assim o assoreamento e as obras de intervenção são fatores potencializadores das inundações.

1.2 Risco ambiental, suscetibilidade e acidentes

Os problemas decorrentes das inundações e, portanto, a intensidade do risco a esses eventos, depende do grau de ocupação das áreas marginais aos canais e da frequência com a qual o fenômeno se repete, ou seja, do tempo de retorno (SOUZA, 1996).

Segundo Cerri (1999), para que exista “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”. Nos centros urbanos onde há concentração populacional, a preocupação com riscos ambientais é maior, isso porque a ocupação humana não só expõe mais a população como também porque essa ocupação intensifica fenômenos até então de caráter somente natural.

Outros conceitos que se relacionam ao estudo de riscos é o de suscetibilidade e o de acidentes. A suscetibilidade é a possibilidade de ocorrência de um evento (fenômeno relacionado a perdas e danos ao ser humano) em determinada área, com relação a determinado fenômeno. Já o termo acidente refere-se fato já ocorrido, onde foram registradas consequências sociais e econômicas, sua ocorrência pode, ou não, estar relacionada a ação antrópica (CERRI e AMARAL, 1998). Na presente pesquisa, a suscetibilidade foi definida a partir das características naturais da área.

Em relação aos problemas resultantes da inundação, pode-se afirmar que eles dependem do grau de ocupação da várzea pela população no caso da inundação ribeirinha e da impermeabilização e canalização da rede de drenagem no caso das inundações urbanas. As inundações ribeirinhas têm sido registradas junto com a história do desenvolvimento humano. As inundações devido à urbanização têm sido mais frequentes neste século, com o aumento significativo da urbanização das cidades e a tendência dos engenheiros de drenarem o escoamento pluvial o mais rápido possível das áreas urbanizadas (TUCCI, 2003b). Esse processo necessita de diferentes ações preventivas de planejamento urbano e ambiental, visando minimizar os impactos e buscar o desejável desenvolvimento sustentável (TUCCI, 2003a). A ocupação imprópria das áreas urbanas pode ser evitada por meio do planejamento do uso dos solos das várzeas, o qual deve ser regulado no Plano Diretor Urbano das cidades (TUCCI, 2003b).

1.3 Consequências das inundações

O rio possui normalmente um ou mais leitos, conforme já descrito anteriormente. O leito menor corresponde a seção de escoamento em regime de estiagem, ou a níveis médios. O leito maior pode ter diferentes lances, de acordo com a seção transversal considerada e a

topografia da várzea inundável. Esse leito, o rio costuma ocupar durante as enchentes. Quando o tempo de retorno de extravasamento do leito menor é superior a 2 anos, existe a tendência da população em ocupar a várzea. Essa ocupação gera, por ocasião das cheias, danos de grande monta aos ocupantes dessas áreas e, também, às populações que ocupam a bacia hidrográfica à montante, as quais são afetadas pelas elevações de níveis d'água, decorrentes da obstrução ao escoamento natural, causada pelos primeiros ocupantes (TUCCI, 2003b).

As inundações trazem consequências principalmente para as populações ribeirinhas. Como mostra a figura 03, a ocupação das áreas marginais dos rios prejudica primeiramente a parcela da população que se instalou no leito do rio. Porém, ao se instalarem nas áreas naturalmente inundáveis, essa mesma população que sofre com esse fenômeno passa a contribuir para que as consequências se estendam a um número maior de pessoas.

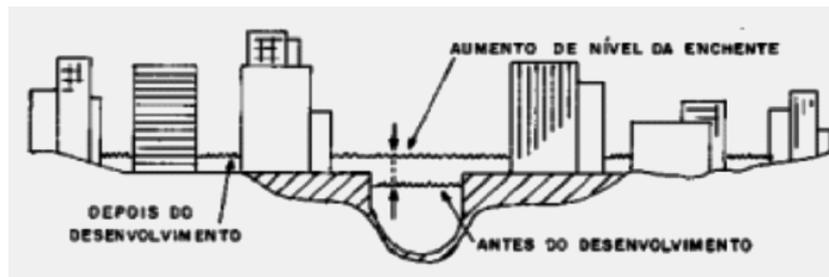


Figura 03 - Esquema representativo de modificação e ocupação do leito maior de um rio.
Fonte: TUCCI, (2003a)

Nas notícias sobre esses fenômenos, veiculadas em jornais da cidade, são relatadas as consequências compreendendo transtornos no trânsito com pontes interditadas, desvio do tráfego e engarrafamentos. Prejuízos materiais incluem destruição de móveis, alimentos e eletrodomésticos em casas inundadas e/ou alagadas e danos em carros cujos motoristas arriscaram a travessia. Danos sociais incluem desconforto, revolta e medo da população atingida. Outros danos provocados pelas inundações podem incluir a ocorrência de doenças como: leptospirose, esquistossomose, malária, cólera, febre tifóide, dengue, poliomielite e disenteria (MOURA, 2005).

1.4 Algumas tendências e aplicações práticas do geoprocessamento em análise ambiental

As inundações resultam da combinação de vários elementos, como relevo, clima, impermeabilização do sítio urbano, entre outros. Para compreender as características das inundações faz-se necessário realizar uma análise integrada de vários elementos do meio físico, o que é facilitado com a criação de um modelo digital do terreno, e de um banco de dados georreferenciados. 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 um Sistema de Informações Georeferenciadas - SIG, Xavier da Silva (2005) 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 tratamento de imagens 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 espacializadas. 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.

Quando os efeitos de inundação são frequentes, existe a necessidade de se fazer um zoneamento das áreas de risco, definindo o grau do risco e também quais as melhores medidas a serem tomadas. Quanto à abordagem metodológica, Souza (1996) cita a análise da quantidade de fatores potencializadores, sendo esses fatores caracterizados como condicionantes geológicos, geomorfológicos e condicionantes antrópicos. A partir do zoneamento das áreas de risco podem-se propor recomendações para a intervenção do poder público, que pode ser tanto corretiva quanto preventiva.

A tentativa de solução de qualquer um dos problemas supracitados deve partir de uma base de informações razoavelmente confiável, de forma a possibilitar uma visualização correta do cenário de impacto, a busca de suas causas e possíveis indagações sobre situações futuras (TUCCI, VILLANUEVA e CRUZ, 2000).

2 O CAMINHO E OS PASSOS

Este capítulo trata brevemente sobre o método de análise adotado para esta pesquisa e mais detidamente sobre os passos metodológicos seguidos para trilhar o caminho escolhido para responder a questão que norteou este trabalho e consequentemente alcançar os objetivos propostos pelo mesmo.

Para realizar uma análise totalizante das áreas de inundação é necessário perceber o objeto como algo que possui elementos constitutivos que são integrados. A iminência dos riscos advém de vários fatores, tanto de origem natural, quanto de origem antrópica (ou social). Há para tanto uma gama de possibilidades de métodos de análise que contemplam parcialmente a necessidade de analisar áreas de riscos ambientais, alguns desses métodos privilegiam os fatores naturais, outros os fatores humanos ou sociais, e existem aqueles que propõem uma integração, que muitas vezes não é alcançada plenamente.

A geografia física na atualidade tem tido, no que se refere ao método, duas abordagens principais, segundo Nunes *et al.* (2006): uma de caráter neopositivista e outra com base no materialismo histórico-dialético. Na primeira abordagem, destaca-se o método sistêmico e suas derivações [dentre elas a análise integrada do meio físico]. Já na segunda, propõe-se entender a geografia física sob o prisma da dialética. Cabe ressaltar que ambas relacionam o homem à questão da natureza, sendo que a primeira entende o homem como ser antrópico (dissociado da natureza e com tendência à destruição da mesma) e a segunda como ser social. Isso denota que o método sistêmico e suas derivações priorizam fatores naturais enquanto o materialismo histórico dialético enfatiza fatores sociais, incluindo aqui o político e o econômico.

A perspectiva teórica que se tem destacado na Geografia, com mais ênfase na Geografia Física, é a abordagem sistêmica, que ao ser incorporada na segunda metade do século passado, trabalha com a idéia de sistemas complexos, a partir das trocas de energia e matéria; abandona a visão fragmentada, centrada no elemento e absorve a idéia de interatividade e conjunção. Os estudos ambientais exigem parâmetros que envolvam as dinâmicas espaciais, assim como a análise do estado e do funcionamento do sistema.

O sucesso do prognóstico será sempre resultado de uma abordagem totalizante e de entendimento pleno das estruturas espaciais e das diferenciações que acontecem dentro da escala temporal do sistema (NUNES *et al.*, 2006). 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. Assim, a metodologia da análise integrada objetiva analisar conjuntamente os elementos físicos da paisagem (características litológicas, pedológicas e climáticas integradas aos dados geomorfológicos) e a partir dessa análise produzir informações que possibilitem o planejamento do uso e ocupação territorial. Desse modo, a análise integrada possibilita compreender melhor os processos geomórficos atuantes, como estes se reestruturam perante a ação do homem (CUNHA e MENDES, 2005).

Freitas e Cunha (2003) afirmam que o estudo integrado do meio ambiente no Brasil tem diferentes contribuições como as de Christofolletti, Ab'Saber e Monteiro, que buscam adequar teorias e influências do exterior à análise da realidade geográfica brasileira. Outras contribuições vêm de Casseti, mesclando a análise geomorfológica e o marxismo, e de Cunha e Guerra, que salientam a importância da bacia hidrográfica como elemento básico para uma análise ambiental de cunho holístico. Guerra e Marçal (2006) afirmam que “a abordagem ambiental, nos estudos geomorfológicos, abrange a compreensão das relações do homem com a natureza, dando-lhe suporte técnico importante para se trabalhar a questão ambiental dentro de uma ótica integradora”.

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

O que se espera é que a Geografia, em especial a Geografia Física, construa uma visão plena dos processos de produção da natureza, em que natureza e sociedade sejam integradas, independente da verticalização do tema ou do recorte espacial a serem adotados nos estudos geográficos (NUNES *et al.*, 2006).

Numa avaliação inicial percebe-se que a análise da participação do ser humano é uma das questões a serem discutidas e repensadas em tal método. Chorley¹ (1973) *apud* Nunes (2006) procurou examinar como a abordagem sistêmica em Geografia poderia ser um elo entre os aspectos humanos e os aspectos físicos e concluiu que a abordagem deveria incorporar as atividades humanas e a perspectiva que elaborasse a análise das ligações entre o meio físico e humano. Considera, entretanto, o “humano” mais como conceito antrópico, do

¹ CHORLEY, R. J. *Directions in Geography*. London: Methuen, 1973.

que social, ou seja, o homem como ser ativo e atuante no meio natural, em que se desconsideram os conflitos e a lógica da organização espacial desigual (NUNES *et al.*, 2006).

Ao contrário do que o método propõe em relação à análise do ser humano, visto como ser antrópico, nesse trabalho buscou-se entender o homem como ser social. Isso se deveu principalmente ao fato da análise ter sido voltada para as áreas de risco, que em geral são ocupadas por populações de baixa renda, muitas vezes a parcela da população menos privilegiada dentro do sistema. Para a aplicação desse método foi escolhida como unidade de pesquisa e ao mesmo tempo categoria de análise, a Bacia Hidrográfica. Seu conceito, aplicações e vantagens são abordados a seguir.

Existe uma grande variedade de conceitos que dispõem sobre bacia hidrográfica para este trabalho foi escolhido o seguinte conceito:

As bacias hidrográficas constituem um sistema hidrogeomorfológico, e podem ser definidas como uma área da superfície terrestre que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos para uma saída comum, num determinado ponto do canal fluvial [...] O limite de uma bacia é conhecido como divisor de águas (NETTO, 2007, P.97).

Acrescenta-se a esse conceito que a bacia hidrográfica deve ser compreendida como um sistema tridimensional, considerando além da rede de drenagem superficial a porção equivalente em profundidade.

A bacia hidrográfica transforma-se em unidade ambiental, pois nela se podem estabelecer as melhores relações entre causa e efeito, principalmente quando estas estão relacionadas aos recursos hídricos (LANNA², 1995 apud LAMONICA, 2004). Botelho e Silva (2007) ressaltam que:

Entendida como célula básica de análise ambiental, a bacia hidrográfica permite conhecer e avaliar seus diversos componentes e os processos e interações que nela ocorrem. A visão sistêmica e integrada do ambiente está implícita na adoção dessa unidade fundamental.

Na bacia hidrográfica pode-se avaliar de forma integrada as ações humanas sobre o meio ambiente e seus desdobramentos sobre o equilíbrio hidrológico, presente no sistema representado pela bacia de drenagem (BOTELHO e SILVA, 2007). Esses autores fazem ainda uma distinção entre bacias hidrográficas representativas, estratégicas e experimentais. A bacia estratégica é selecionada a partir de condições específicas, não encontradas no restante da

² LANNA, A. **Gerenciamento de Bacias Hidrográficas: Aspectos Conceituais e Metodológicos**. IBAMA. Brasília, 1995.

região e/ou território considerado ou, ainda, mais freqüentemente, selecionada em função da existência de problemas críticos que requerem compreensão e/ou ações urgentes, tornando-a prioritária.

Nesse sentido a bacia escolhida para ser o recorte espacial deste trabalho se enquadra como bacia estratégica, pois é aquela que apresenta, com maior frequência, problemas relacionados ao tema da pesquisa, isso quando se leva em consideração o tempo de recorrência, que para bacia do córrego Pedreira é de no máximo um ano, ocorrendo inclusive mais de um evento no mesmo ano, fato relatado pelos moradores durante entrevista, evidenciado nas notícias de jornais e confirmado pela Defesa Civil.

Cada vez mais a Bacia Hidrográfica tem sido utilizada como unidade espacial de investigação e/ou unidade de análise. Isso se deve a vários fatores como foi discutido anteriormente. Portanto, neste trabalho elegeu-se a bacia hidrográfica como a unidade de análise pelas diversas vantagens que ela apresenta num estudo integrado, o que poderá facilitar a realização de avaliações de riscos à inundação, a busca de seus condicionantes e posterior elaboração de um plano de gestão.

Os estudos de áreas de inundação têm sido abordados segundo várias metodologias, centralizadas de acordo com a experiência profissional de cada autor. Engenheiros, climatólogos, geomorfólogos e geólogos baseiam-se na hidráulica; na relação entre fatores meteorológicos e ocorrência de eventos; nas características morfométricas da bacia ou nos condicionantes do meio físico aos eventos. Todas as metodologias contemplam a análise das atividades antrópicas em relação à ocorrência dos eventos (SOUZA, 1996), porém a relação sociedade/natureza não é o foco principal dessas abordagens. A relação entre o meio físico e o uso/cobertura do solo bem como com a forma de ocupação não são contemplados ou são vistos de forma independente nesses estudos. Apesar de nessas abordagens que analisam os eventos de inundação haver a visão de que a ocupação do homem é um fator que intensifica esse fenômeno, muitas vezes o homem é visto apenas como um agente deflagrador e não como um ser social que vive num sistema maior e que ao mesmo tempo é causador e vítima desses fenômenos. Partindo dessa visão integradora, são apresentadas a seguir metodologias que tratam de análise de bacias hidrográficas, de análise do meio físico, das inundações e dos riscos relacionados.

A análise das inundações é mais comum a outras áreas do conhecimento que não a geografia, porém busca-se aqui uma metodologia que integre a natureza e a sociedade. Apresenta-se a partir daqui algumas metodologias que vem sendo trabalhadas no meio

acadêmico com princípios mais próximos aos buscado por este trabalho, destacando-se as vantagens de cada uma e finalmente explicitando-se a que norteia esse trabalho.

Antuniassi e Reismann (2001) apresentam uma metodologia que se baseia na análise integrada dos componentes naturais e de seu uso pela sociedade, objetivando realizar uma análise sócio-ambiental de bacia hidrográfica. Esse tipo de metodologia tem como aporte o princípio da relação entre os diversos elementos da natureza e da relação desses com a sociedade. Para compreender essa relação deve-se considerar que o espaço a ser estudado não é algo pronto e acabado, mas está em contínuo movimento, sobretudo devido ao impacto das atividades humanas na construção de sua história, não podendo, portanto, ser pensado de maneira dicotômica natureza/cultura (SANTOS, 1995).

Ainda, segundo destacam os autores supracitados, há uma tendência para que as bacias hidrográficas se tornem suporte dos planejamentos regionais, e que para realizar seu estudo eles dividiram a área em unidades de sistemas ambientais. A definição dessas unidades foi realizada a partir da correlação de características geológicas, geomorfológicas, pedológicas, climáticas, de vegetação, do uso da terra e de presença de unidades de conservação. Posteriormente essas unidades foram relacionadas às características de desenvolvimento populacional e econômico. Tanto a compartimentação (divisão em unidades de sistemas ambientais) quanto as características consideradas na correlação dos dados podem também ser utilizadas para a análise de ocorrência de inundações.

Alheiros *et al.* (2003) apresentam metodologia de mapeamento e hierarquização de riscos à ocorrência de acidentes baseada nos seguintes passos metodológicos: (a) Delimitação de microbacias, individualização, representação em 3D das mesmas e caracterização da rede de drenagem; (b) elaboração de mapa de declividades para a delimitação, em planta, de trechos de terreno cujas declividades se situam em faixas recomendáveis para ocupação, bem como aquelas que devem ser preservadas e da Carta Geotécnica para o estabelecimento de recomendações técnicas para prevenir problemas potenciais e corrigir os já desencadeados, definir áreas com restrições de ocupação etc.; (c) Mapeamento de risco, contendo os fatores de suscetibilidade (S) - que expressam a maior ou menor probabilidade de acontecer um acidente naquele tipo de ambiente físico; fatores de vulnerabilidade (V) - que expressam a probabilidade de perdas por ocasião de um acidente; diretamente proporcionais ao risco. Assim, têm-se situações mais críticas de Risco (R) quando se somam a alta suscetibilidade do terreno com a alta vulnerabilidade à ocupação; (d) Mapeamento de pontos de risco – para o registro das diversas situações possíveis de acidentes na área devido à ocupação e das edificações que deveriam ser removidas por estarem situadas

em áreas de alto risco ou de risco iminente; (e) elaboração do mapa fundiário – incluindo a regularização fundiária dos moradores. A contribuição dessa metodologia se assenta na utilização do mapeamento de todos os fatores relacionados aos riscos. No entanto algumas características do meio físico relacionadas diretamente às inundações não são incluídas na análise já que se trata de um trabalho que não analisa especificamente esse fenômeno.

Já Canil (2006) selecionou áreas representativas da morfodinâmica da bacia em estudo e realizou medidas de vazões e coleta de sedimentos para cálculo da concentração do material e da descarga sólida, bem como suas correlações com o comportamento da chuva na bacia. Essa autora apresenta ainda as relações entre a vazão e a pluviometria relacionadas à inundação e observa que em picos de vazão há um aumento bastante significativo dessa descarga sólida. Esse cenário indica o transporte dos materiais das áreas de produção de sedimentos. Quando ocorreram eventos de grande magnitude, tal autora afirma que se intensificaram os processos morfodinâmicos responsáveis pelas mudanças na morfologia dos canais. O comportamento pluviométrico foi considerado pela autora relacionando-o com a vazão aperfeiçoando a análise das inundações, concentrando-se a autora na questão hidrológica do fenômeno.

Santos (2007) utilizou metodologia para análise das inundações em relação aos seus condicionantes naturais e antrópicos, sendo o trabalho foi feito em duas escalas: bacia hidrográfica e baixo curso. Para chegar aos condicionantes foi realizado mapeamento do uso do solo e caracterização geomorfológica da bacia.

Santos e Lacerda (2007) e Santos e Lemes (2008) apresentam metodologia para a elaboração da carta de riscos que apresenta os seguintes passos: compartimentação do relevo a partir de mapa geomorfológico, mapa de formas de vertentes e trabalho de campo; cartografia do uso da terra por intermédio da interpretação da imagem de satélite; realização de mapeamento dos acidentes a partir de trabalhos de campo e de análise de imagens de satélite, entrevista com moradores, matérias nos jornais locais e pesquisa bibliográfica; e por fim com a integração de todos esses dados elaborou-se a carta de riscos.

Cada uma das metodologias apresentadas apresenta vantagens. As metodologias apresentadas por Antuniassi e Reismann (2001) e Santos e Lemes (2008) são as que se aproximam mais dos objetivos desse trabalho, complementado pelas contribuições dos demais autores e avanços tecnológicos relacionados ao geoprocessamento que são utilizados neste trabalho. Esse método tem como princípio fundamental a análise integrada entre os fatores do meio físico com vistas à ocupação e a contribuição da sociedade para a potencialização de fenômenos.

Portanto, a metodologia utilizada buscou causas, consequências e riscos das inundações a partir da ótica geográfica, sintetizando assim as potencialidades de cada metodologia acrescida das necessidades impostas pela análise que foi realizada. Dessa forma, os passos metodológicos que foram seguidos e as fontes de informação são os seguintes:

- *Pesquisa Bibliográfica*

Para elaboração do referencial teórico foi realizada pesquisa bibliográfica sobre inundações urbanas, drenagem urbana e cartografia de riscos. Também foi realizada pesquisa sobre utilização de *softwares* de geoprocessamento, sobre técnicas de campo e de laboratório, dentre outros temas relevantes à pesquisa.

- *Levantamento de dados*

O levantamento das informações sobre distribuição espacial das inundações teve como fontes jornais, registros da Defesa Civil e do Corpo de Bombeiros. A finalidade desse levantamento foi contextualizar a área escolhida em relação à ocorrência aos eventos ocorridos em Goiânia. Com os dados obtidos, cada ponto de ocorrência de inundação foi localizado por suas coordenadas a partir da identificação dos endereços fornecidos e/ou dos pontos de referência. Na definição das coordenadas de alguns pontos descritos, a precisão relacionada à escala adotada não foi alcançada por causa do não detalhamento da descrição relatada nos jornais, sendo assim esses pontos foram somente descritos. Como ferramenta para obter os pontos *x* e *y* utilizou-se o software SIGGO v2 fornecido pela prefeitura de Goiânia. A espacialização dos pontos foi realizada no software Spring 5.1.3 (digitalização) e posteriormente finalizada no software *ArcGis* 3.2 (processamento e finalização) que apresenta maiores possibilidades de finalização.

- *Trabalho de campo*

Foram realizados diversos trabalhos de campo, principalmente naquelas áreas que apresentam maior incidência de inundações. Eles foram importantes tanto para a coleta de dados, quanto para a realização das entrevistas e ainda para confirmar as informações obtidas por meio da pesquisa bibliográfica, do mapeamento e da coleta de dados.

- *Mapeamento de características morfológicas e morfométricas da bacia*

Também com recursos de geoprocessamento foram elaborados mapas com as características morfológicas e morfométricas da bacia, que tiveram como base cartográfica os dados planimétricos e altimétricos do Mapa Urbano Básico Digital de Goiânia – MUBDG versão 20 – disponibilizado pela Companhia de Processamento de Dados de Goiânia –

COMDATA. A partir da resolução espacial dessa base cartográfica (1:10.000), foi adotada uma escala de trabalho de 1:20.000.

A partir desta base de dados foram elaborados o mapa hipsométrico, a carta clinográfica, e os mapas de curvaturas em planta e em perfil objetivando a realização da caracterização da morfologia da bacia hidrográfica. A caracterização morfológica da bacia foi realizada ainda com base em mapas geomorfológicos já existentes, com apoio de observações de campo.

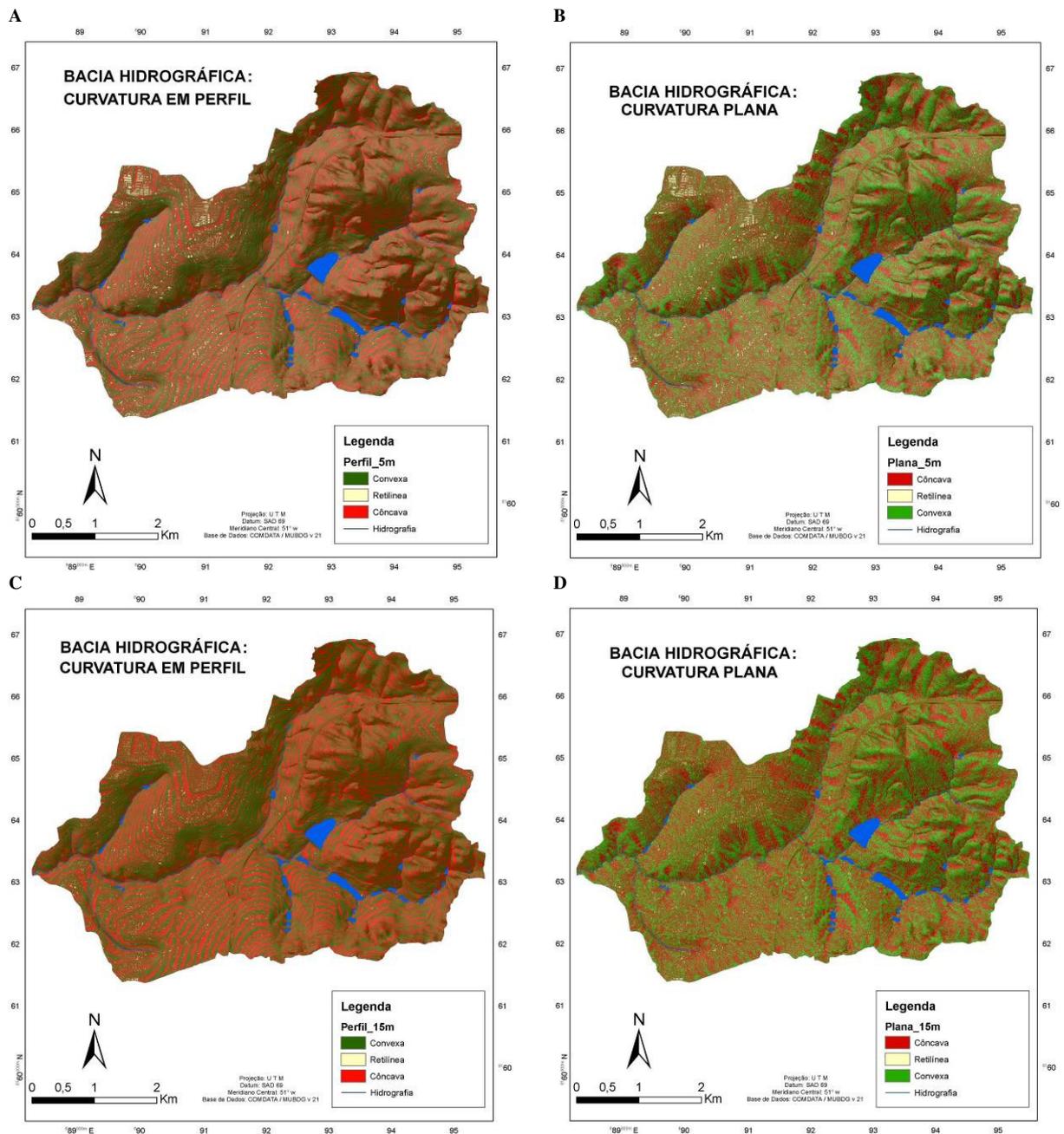
A elaboração do mapa hipsométrico foi realizada por meio de uma interpolação triangular (TIN) do modelo numérico do terreno, os intervalos da altimetria foram definidos a partir das quebras naturais do relevo. A carta clinográfica expressa as declividades das vertentes por meio do cálculo da inclinação do terreno. Os intervalos adotados para inferir tal inclinação variam de acordo com os objetivos do trabalho. Existem alguns valores comumente utilizados para classificá-las, dentre eles destacam-se a proposta De Biasi (1970) que propõe as seguintes classes: 0-5 %, 5-10 %, 10-20 %, 20-30 % e > 30 %; e os utilizados pela EMBRAPA que define as seguintes classes de declive: 0-3 % (relevo plano), 3-8 % (suave ondulado), 8-20 % (ondulado), 20-45 % (forte ondulado), e > 45 % (escarpado). Para este trabalho seguiu-se o princípio da classificação da EMBRAPA.

A metodologia de hierarquização fluvial adotada para a dissertação foi a de Strahler³ (1952, apud CHRISTOFOLETTI 1980) que determina que os canais menores sem tributários são considerados como o de primeira ordem estendendo-se desde a nascente até a confluência; os canais de segunda ordem surgem da confluência de dois canais de primeira ordem, e só recebem afluentes de primeira ordem; os canais de terceira ordem surgem da confluência de dois canais de segunda ordem podendo receber afluentes de segunda e primeira ordens; os canais de quarta ordem surgem da confluência de dois canais de terceira ordem, podendo receber tributários das ordens inferiores. E assim sucessivamente.

A classificação do mapa em curvatura (plana e do perfil) côncava, retilínea ou convexa, leva em conta limiares definidos de taxas de variação do valor de curvatura. Ou seja, os intervalos de valores de curvatura do que é considerado curvatura côncava até retilínea, somente curvatura retilínea, e curvatura retilínea até curvatura convexa, são definidos pelo usuário da função disponibilizada pelo programa SIG. Por meio da utilização do software *ArcGIS* 9.2 (função curvatura, no módulo Spatial Analyst Tools) é possível a obtenção de uma matriz com células de valores numéricos correspondentes às curvaturas das vertentes que

³ Strahler, A. N. Dynamic basis of Geomorfology. Geol. Soc. America Bulletin, 1952. p.197-203.

posteriormente podem ser classificadas manualmente em côncavas, convexas e retilíneas. Quando o resultado obtido é superior a 1,0, a vertente será predominantemente convexa e quando menos que 1,0 o predomínio será da concavidade (Christofolletti, 1980), portanto na classificação dos resultados obtidos através do processamento da base de dados tem-se que os resultados negativos correspondem às vertentes côncavas, os positivos as vertentes convexas e os próximos de zero correspondem às retilíneas, isso para a curvatura em planta, no caso da curvatura em perfil ocorre o inverso. Para este trabalho foram testados vários tamanhos de células (Figura 04) até que fosse encontrado o que melhor representa a morfologia do terreno em relação às formas.



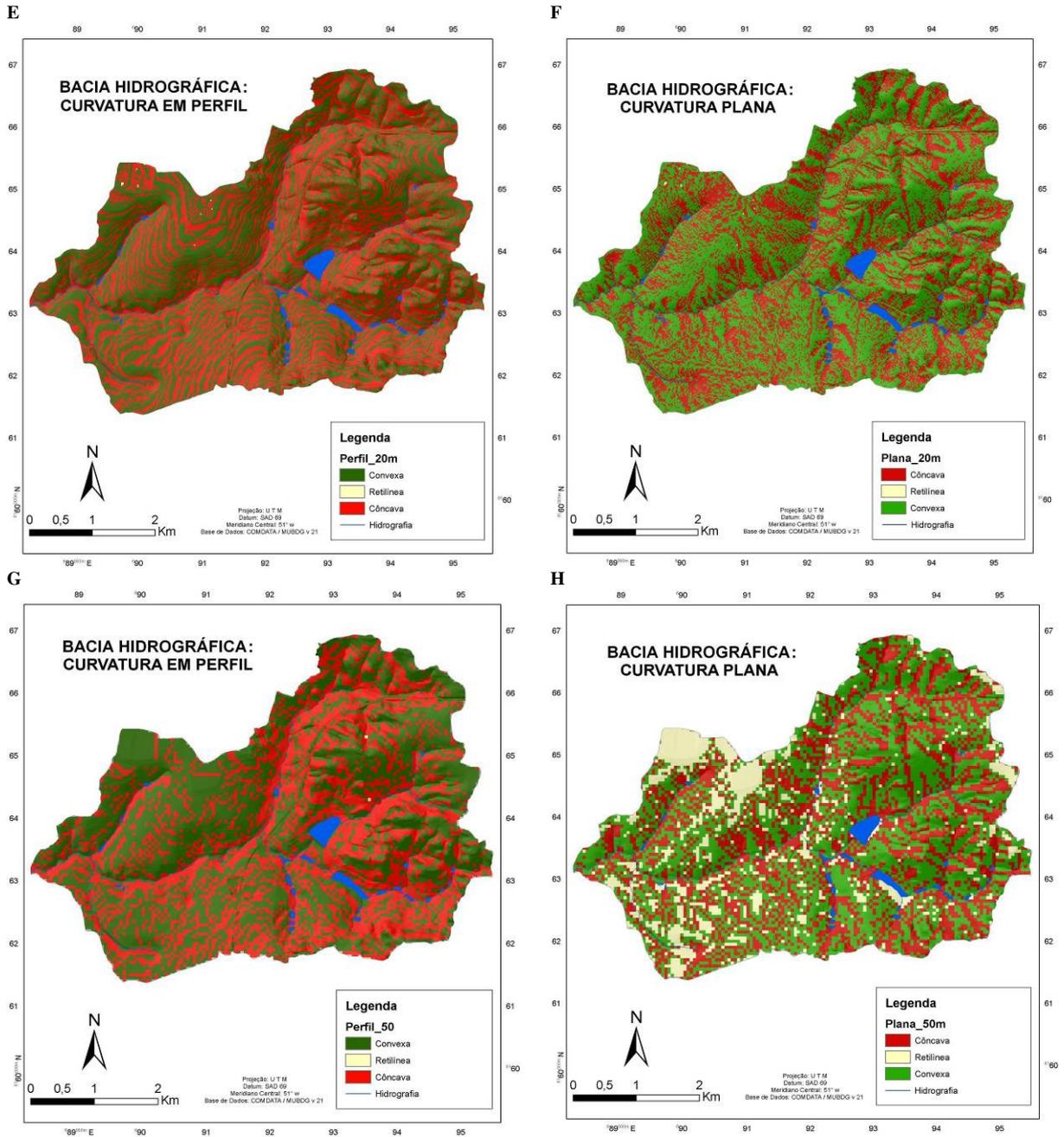


Figura 04 - A, B, C, D, E, F, G, H - Mapas de formas de vertentes. Nas colunas têm-se as formas em perfil à esquerda e as planas à direita, as linhas correspondem respectivamente ao tamanho de células de 5x5m, 15x15m, 20x20m e 50x50m.

O comprimento de rampa das vertentes é definido como sendo a distância horizontal entre a crista e o talvegue de uma vertente, apresentando relativa importância na medida em que indica a distância a ser percorrida pelas águas precipitadas em uma determinada vertente até chegar aos cursos d'água. Influencia, portanto, na quantidade de água que infiltra ou escoar superficialmente (ROCHA; ROBAINA e GUARESCHI, 2005). Esse parâmetro foi medido sobre a base cartográfica em formato digital adotada para este trabalho e utilizado com ressalvas já que outros fatores podem influenciar o escoamento ao

longo da vertente, dentre eles a declividade, as barreiras (naturais ou as construídas pelo homem) encontradas pelo fluxo ao longo de seu caminho, dentre outros.

▪ *Cartografia de uso da terra*

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. Para a cartografia do uso do solo na bacia do córrego Pedreira também adotou-se a escala de 1/20.000 como escala de trabalho e essa foi realizada com base em imagem de satélite *Quick Bird* formato digital *MrSid* (2002), fotografia aérea (ortofoto digital de 2006), disponibilizada pela COMDATA e em trabalho de campo. Recorreu-se também às imagens disponibilizadas pelo *Google Earth* (2008) para confirmar alguns dados.

Segundo Luchiari, Kawakubo e Morato (2005), 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. 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.

A partir da interpretação visual da imagem *Quick Bird* de 2002 e da ortofoto de 2006, foram elaborados os mapas temáticos com as informações de uso e ocupação da bacia hidrográfica. Por meio do programa *ArcGIS* 9.2, foi elaborado um mapa com os principais usos da bacia do córrego Pedreira (urbano e cobertura vegetal). Para fins de análise da infiltração e escoamento superficial, elaborou-se um segundo mapa de uso e cobertura do solo, contendo mais classes, em que se buscou também a densidade de ocupação e a relação com a impermeabilização do solo. A temporalidade também foi observada na comparação das imagens, essa análise de imagens de diferentes datas possibilitou verificar as mudanças, em curto prazo, que ocorreram na bacia.

Por meio da análise do uso do solo obteve-se também o índice de áreas com possibilidade de infiltração. Para tanto os dados iniciais utilizados foram: a área do lote (que é padronizada num mesmo bairro na maioria dos casos, sendo diferentes de um bairro para outro) e a área construída no lote (essa foi medida através de amostras em 10% das quadras de cada bairro, quando houve grande variação nos valores encontrados a quantidade de amostras foi aumentada), subtraindo o segundo do primeiro obteve-se a área de provável infiltração no lote, ou seja, onde não há edificações. Os dados sobre ocupação dos lotes, das áreas públicas e as das Áreas de Proteção Permanente (APP) foram utilizados nos cálculos da ocupação por bairro. Sabendo o valor de área ocupada chegou-se à porcentagem de área mais permeável no

bairro que é justamente o referente à área não ocupada. A partir do somatório das áreas desocupadas com as áreas mais permeáveis nas porções ocupadas, foi calculado o índice de área livre de ocupação ou sem edificações por bairro.

- *Entrevistas*

As características e informações sobre as inundações (magnitude, frequência, danos etc.) foram definidas também a partir da análise das entrevistas com os moradores de áreas ribeirinhas, sendo essas realizadas com 10% dos moradores da área inundável. As entrevistas são essencialmente qualitativas, utilizando-se como instrumento um roteiro (Apêndice A). As respostas das entrevistas foram diluídas ao longo do texto oferecendo subsídios para a comprovação de informações obtidas por outros meios, como os jornais.

- *Delimitação das áreas inundáveis/ acidentes e a elaboração do mapa de suscetibilidade*

A interpretação dos dados obtidos nos levantamentos anteriores, somados aos dados obtidos a partir da observação das evidências em campo, permitiram a delimitação das áreas com maior ocorrência de inundações. Com essa delimitação e sobreposição de dados, os acidentes foram localizados.

Para a classificação da suscetibilidade às inundações e alagamentos, levou-se em consideração o mapa geomorfológico, as declividades, a forma da vertente e a existência de planície de inundação, além da concentração do escoamento superficial. Foram considerados também os acidentes já ocorridos na bacia. Esses foram identificados em campo por meio de indícios de ocorrência de eventos e por meio das entrevistas com os moradores. Para análise da suscetibilidade a ocorrência de inundações e alagamentos, levou-se em consideração, portanto, os condicionantes naturais das inundações e os acidentes ocorridos.

- *Classificação de riscos de inundações*

Para classificação de risco levou-se em consideração a localização dos acidentes, a carta de suscetibilidade e o mapa de uso do solo. Os locais onde há alta suscetibilidade e ocupação dos fundos de vale foram considerados de alto risco de ocorrência de inundações e de prejuízos a população. O oposto ocorre quando a suscetibilidade é baixa e a ocupação também, as outras classes são intermediárias a estas (Tabela 01).

Tabela 01 - Classificação dos riscos a inundações a partir da ocupação e da suscetibilidade

Suscetibilidade	Ocupação 0-30%	Ocupação 30-60%	Ocupação >60%
Alta para inundações	Risco Baixo	Risco Médio	Risco Alto
Baixa para inundações	Risco Baixo	Risco Baixo	Risco Médio
Alta para alagamentos	Risco Baixo	Risco Médio	Risco Alto
Baixa para alagamentos	Risco Baixo	Risco Baixo	Risco Médio

A metodologia aqui apresentada direcionou a elaboração desse trabalho e levou aos resultados que são apresentados a partir do próximo capítulo.

3 ESPACIALIZAÇÃO DAS INUNDAÇÕES EM GOIÂNIA

Existem em Goiânia diversos acidentes relacionados à inundação. Neste capítulo relacionam-se os dados sobre as principais ocorrências desse fenômeno e a distribuição espacial dos eventos na capital goiana. Os dados sobre a ocorrência de inundações foram tabulados pela defesa civil. São dados que mostram que os eventos são recorrentes dentro de um mesmo ano e numa repetição anual. Para levantamento dos dados sobre os acidentes relacionados à dinâmica fluvial em Goiânia com ênfase na inundação, partiu-se ainda do inventário de tais acidentes em notícias de jornais. Os dados compilados de jornais locais que foram importantes por apresentarem a data, o local e a ocorrência relacionada à dinâmica fluvial ou, em alguns casos, pluvial (alagamentos). Assim, este capítulo apresenta a ocorrência de acidentes relacionados à inundação em Goiânia e sua espacialização e destaca a área escolhida com referência à ocorrência desses eventos.

Após pesquisa nos principais jornais impressos de Goiânia chegou-se a uma lista de locais que inundavam e das conseqüências desse fenômeno nesses locais. Com esses dados somados à frequência em que ocorriam e a data em que eles ocorreram, chegou-se à Tabela 02, que mostra as ocorrências de inundação identificadas a partir de notícias veiculadas em jornais locais de 2004 a 2007. Os dados apresentados na Tabela 02 mostraram 24 locais de ocorrência de inundação em Goiânia.

Cabe ressaltar que as informações contidas nas notícias de jornais foram relevantes, principalmente para se ter idéia inicial de áreas problemáticas. Isso porque essas áreas apareceram em diversas manchetes. Dentre elas destacam-se bairros próximos ao rio Meia Ponte e ao Jardim Guanabara II, nas margens do córrego Pedreira. Esse fato foi o primeiro a contribuir com o direcionamento dessa pesquisa, pois o rio Meia Ponte apresenta larga planície de inundação, grande volume de água e outras características que o tornam propenso à ocorrência de inundações no local. Em contrapartida, o córrego Pedreira que é tributário do ribeirão João Leite, que por sua vez é tributário do rio Meia Ponte, apresenta estreita ou quase inexistente planície de inundação e também apresenta ocorrência de inundações.

A frequência de ocorrências de eventos a cada ano no córrego Pedreira é proporcionalmente grande em relação à de bacias hidrográficas com maior extensão espacial e ocupação. Vê-se isso ao comparar, por exemplo, com o rio Meia Ponte que apresentam larga planície de inundação, com bairros inteiros instalados nessa porção do relevo.

Tabela 02 - Ocorrência de eventos relacionados à dinâmica fluvial em Goiânia (2004-2007)

Localização	Frequência a cada ano	O que ocorreu?	Data do evento mais expressivo	Consequências
Rio Meia Ponte (St. Coronel Cosme, Urias Magalhães, Vl. Monticelli, Vila Roriz e Setor Jaó)	3	Inundação	23/02/2004	Moradores levantam os móveis para evitar perdas maiores.
Vila Montecelli (Rio Meia Ponte)	3	Inundação	19/03/2004	Inundação de casas, o que trouxe prejuízos, além de muita lama, lixo e animais.
Rio Meia Ponte (vilas Roriz e Monticelli, Setor Coronel Cosme e Jardim Novo Mundo)	3	Inundação	10/03/2004	Moradias subnormais foram afetadas. Danos materiais, eletrodomésticos e o desespero das famílias.
Região Central	1	Alagamento	12/10/2004	Enxurrada alcançou 40 cm, invadiu lojas e dificultou travessia.
V. S. Rita e Recanto dos Bosques	1	Alagamento	12/10/2004	Casas foram alagadas
Vila Coronel Cosme (à margem do meia ponte)	1	Área de risco	12/10/2004	Quintal que faz divisa com o Rio foi aterrado com entulho
Conjunto Caiçara (BR-153)	1	Alagamento	10/03/2005	Estragos na AABB, Platinum e CT do Vila Nova
Parque Amazônia (Avenida Feira de Santana)	1	Bueiro transbordou	29/11/2005	Engarrafamento de ônibus e carros de passeio
Avenida Rio Verde (entre Goiânia e Aparecida)	1	Alagamento	29/11/2005	Carros que arriscaram a travessia ficaram estragados.
Jardim da Luz próximo ao Buriti shopping – córrego próximo a Avenida Maria Cardoso.	1	Enxurrada próximo ao córrego	29/11/2005	Carro levado pela enxurrada e caiu no córrego, duas pessoas tiveram ferimentos leves.
Vila Alzira (Avenida das mangueiras)	1	Ponte caiu após chuva	29/11/2005	O trafego foi desviado
Bairro Goya (reg. Oeste de Gyn) - a Rua da Alegria	1	Alagamento	29/11/2005	a ponte que passa sobre a rua foi interditada
Vila Roriz (Rio Meia Ponte, na Rua Cloves Roberto Espelin)	4	Inundação	10/12/2005	Destruição de moveis e bens (carros), desconforto, revolta e medo.
Vila Maria Rosa, região nordeste de Goiânia (ribeirão João Leite)	2	Alagamento (inundação)	09/04/2006	Casas alagadas
Bairro Emílio Povia (Ribeirão João Leite)	1	Risco de desabamento de uma encosta	09/04/2006	Alguns moradores abandonaram suas casas.
Jardim Guanabara II (Córrego Pedreira)	3	Inundação (1m e meio)	29/12/2006	50 casas atingidas, objetos foram perdidos e transtorno causado pelo lixo.
Jardim Goiás, na área conhecida como Vila Lobó	1	Alagamento	23/09/2006	água das enxurradas invadiu as casas e causou prejuízos.
Celina Park (Córrego Macambira)	1	Alagamento, inundação e erosão fluvial	05/10/2006	Riscos e prejuízos à população
Jardim Goiás, na área conhecida como Vila Lobó	1	Alagamento	04/10/2006	Águas enxurradas arrastou árvores, muros e invadiu casas
Vila Montecelli (moradias em áreas subnormais)	1	Alagamento	07/12/2006	Enxurrada e esgoto deixam moradores ilhados
Recanto do Bosque (moradias subnormais)	1	Alagamento	07/12/2006	Área fica alagada em todo período chuvoso

Rua C-6 com a Avenida C-4, no Jardim América (Córrego Cascavel).	2	Inundação / desabamento	05/01/2007	Elevação do nível da água e desabamento.
--	---	-------------------------	------------	--

Fonte: Dados compilados de notícias de jornais - 2004 a 2007

A Tabela 03 mostra os dados sobre as famílias em área de risco, disponibilizados pela defesa civil. Os dados apresentados pretendem destacar a localização das ocorrências de acidentes, sua caracterização e a quantidade de pessoas expostas a esse fenômeno. A partir da Tabela 03 pode-se afirmar que o número de locais que apresentaram problemas relacionados à dinâmica pluvial foi menor do que o obtido na Tabela 02, sendo aqui delimitados 16 locais considerados de risco.

A análise comparativa das duas tabelas trouxe informações que foram importantes para definir locais que por aparecerem nas duas tabelas são considerados como problemáticos (ou casos críticos), além disso, essa análise possibilitou identificar nas características apresentadas pela defesa civil e pelas reportagens o tipo de evento e adequar à nomenclatura.

Como pode ser observado (Tabela 03), grande parte dos acidentes estão relacionados à dinâmica fluvial, seguidos dos acidentes relacionados à dinâmica pluvial. As inundações e erosões fluviais representam nessa tabela a predominância de acidentes num indicativo de que foram ocupadas as áreas de preservação permanente próximas aos cursos d'água.

Tabela 03 - Goiânia: Risco de Desastres Relacionado com Incremento de Precipitações Hídricas e com as Inundações

Setor	Delimitação	Código de Ameaças e Riscos (CODAR)	Grau de Risco	Nº de moradias	Nº de pessoas		Data de Cadastramento	Observações
					Adultos	Crianças		
V. Cel Cosme II	Entre a rua da Paz (abaixo da via férrea) e o Rio Meia Ponte.	NE.HIG 12.301 Enchentes ou Inundações Graduais NE.HEX 12.302 Enxurradas ou Inundações Bruscas	Alto Médio Baixo	07 72 15	254	137	19/09/05	Devido à topografia acidentada e as moradias construídas de maneira precária, há o risco de desabamento e alagamento em virtude de elevação do rio, conforme relatório nº 171/05

Jd. das Aroeiras	Av. das Aroeiras (invasão do buracão)	NE.HEX 12.302 Enxurradas ou Inundações Bruscas NI.GDZ-13.301 Escorregamentos ou Deslizamentos	Alto Médio	05 04	19	18	19/09/05	Moradias construídas em área de depressão (buracão), sujeitas as ações das enxurradas podendo causar desabamentos das moradias, conforme relatório nº 171/05.
Vila Fernandes	Rua 30-A Qd 01,02 e 03 Lt do 01 ao 08, 10 e 12 próximo ao Ribeirão Anicuns.	NE.HIG 12.301 Enchentes ou Inundações Graduais NE.HAL 12.303 Alagamentos	Baixo	12	35	06	30/09/05	Moradias construídas na planície de inundação do ribeirão. Foi realizado o aterramento dos lotes das residências o que possibilitou o aumento do nível das moradias, conforme relatório 186/05
Jd. Guanabara II	Rua Gb 26(margens do Ribeirão Pedreira) e Rua GB 27(1ª quadra acima).	NE.HEX 12.302 Enxurradas ou Inundações Bruscas NE.HIG 12.301 Enchentes ou Inundações Graduais	Médio	69	201	137	19/09/05	Moradias afetadas por enxurradas devido à rede pluvial insuficiente tendo risco de alagamento em razão da proximidade do ribeirão, bem como de desabamento das edificações, que são de alvenaria tendo a estrutura instável, conforme relatório nº 171/05.
Vila Isabel	Lado direito na baixada da 2ª radial no SPL (sentido Rendeção-Terminal).	NI.GTC - 13.308 Erosão Fluvial - Desbarrancamento de rios e Fenômenos de Terras Caídas	Baixo	08	15	08	30/09/05	Desbarrancamento devido a precipitações hídricas podendo atingir moradias próximas as margens. Existe o risco de desabamento das moradias devido à deficiência de sustentação das moradias, conforme relatório nº 179/05.
Urias Magalhães	Av. Pampulha - Chácara nº 02, 04,05 e 06.	NE.HIG 12.301 Enchentes ou Inundações Graduais	Médio	04	06	08	30/09/05	Inundações verificadas a partir de 02/02. Ficha de acionamento nº 122/02. Foi elevado o nível das moradias, conforme relatório nº 188/05.

V.N. Sr ^a Aparecida	Rua 1 – Chácara nº 01,02 e 03	NE.HIG 12.301 Enchentes ou Inundações Graduais	Médio	03	19	05	30/09/05	Inundações verificadas a partir de 02/02, Ficha de acionamento nº 122/02. Foi elevado o nível das moradias, conforme relatório nº 187/05.
Emílio Póvoa	Lado dir. da Alameda Botafogo entre a Av. 01 V. Nova e R. Dr. Constantino Gomes no Criméia leste.	NE.HEX 12.302 Enxurradas ou Inundações Bruscas NI.GDZ- 13.301 Escorregame ntos ou Deslizamento s	Alto Médio Total	98 70 168	392	191	19/09/05	Devido à topografia acidentada e as moradias construídas de maneira precária, há o risco de desabamento em virtude de deslizamentos, escorregamentos e enxurradas, conforme relatório nº 171/05.
Água Branca	Nascente do Córrego Água Branca	NE.HEX 12.302 Enxurradas ou Inundações Bruscas NI.GDZ- 13.301 Escorregame ntos ou Deslizamento s	Alto	05	04	01	19/09/05	Inundações verificadas nas moradias, em virtude de localizarem-se as margens de um córrego, havendo o risco de deslizamento, pois a estrutura de sustentação, que é de alvenaria é instável, conforme relatório 171/05.
Vila Monticelly	Fundo da Seneago, próximo do Rio Meia Ponte.	NE.HEX 12.302 Enxurradas ou Inundações Bruscas NI.GDZ- 13.301 Escorregame ntos ou Deslizamento s	Alto	50	124	77	28/09/05	Inundações provenientes da elevação das águas do Rio Meia Ponte e deslizamento devido o terreno acidentado, conforme relatório 177/05.
Jd. América	Av. Chile Qd. 406A, lt.01 e Lt.02.	NE.HEX- 12.302 Enxurradas ou Inundações Bruscas	Alto	02	03	07	19/09/06	Moradias construídas as margens do Córrego Cascavel.
V. Santa Efigênia	Margens do córrego Vaca Brava (em frente à Santa Casa)	NI.GTC - 13.308 Erosão Fluvial - Desbarranca mento de rios e Fenômenos de Terras Caídas	Médio	04	09	03	25/06/06	Desbarrancamento devido a precipitações hídricas podendo atingir moradias próximas as margens. (moradias para hospedagens), conforme relatório nº 180/05.

V. São Paulo	Rua Padre Antão Chác. C-03. Rua 04 e 05 Qd 1415,17 e 18 próximos ao Ribeirão Anicuns.	1-Enxurradas – NE.HEX 12.302 2- Alagamentos – NE.HAL 12.303	Baixo	40	121	42	2806/06	Moradias afetadas por enxurradas devido à rede pluvial insuficiente tendo risco de alagamento em razão da proximidade do ribeirão, conforme relatório nº 184/05.
V. Santa Helena	Nas margens do ribeirão anicuns, acima da Dermu-Compav.	NE.HEX 12.302 Enxurradas ou Inundações Bruscas NE.HAL 12.303 Alagamentos	Baixo	06	17	05	29/06/06	Foi construída uma passagem para as enxurradas, mais quando o córrego está cheio a comporta apresenta problemas, conforme relatório nº 185/05.
Celina Park	Nas margens do córrego Macambira	NI.GTC - 13.308 Erosão Fluvial - Desbarrancamento de rios e Fenômenos de Terras Caídas	Médio	03	21	06	29/06/06	Desbarrancamento devido a precipitação hídrica, podendo atingir moradias próximas às margens.
Vila Roriz	As margens do rio meio ponte na confluência com ribeirão Anicuns	NE.HEX 12.302 Enxurradas ou Inundações Bruscas NE.HAL 12.303 Alagamentos	Médio	Não cadastrado	Não cadastrado	Não cadastrado	04/10/06	Edificações construídas dentro da cota de alagamento do rio meia ponte.

Fonte: Defesa Civil (2008)

Ainda sobre as áreas de risco em Goiânia, assim denominadas pela Defesa Civil e aqui entendidas como áreas de ocorrência de acidentes, a Tabela 04 mostra quais eram as áreas consideradas de risco em Goiânia em 2004, quais continuaram a ser em 2007, aquelas que deixaram de ser consideradas de risco e aquelas que não eram e passaram a ser.

Além disso, a Tabela 04 identifica qual é o tipo de risco considerado para cada localidade. Com base nessa tabela, puderam-se identificar onde os acidentes são recorrentes. Aparecem ao todo, nessa comparação entre as duas datas, 26 bairros onde ocorrem acidentes relacionados à dinâmica fluvial no período de 2004 a 2007. Esse fato explica a diferença entre os números que aparecem nos dados da defesa civil e nos inventariados a partir das notícias de jornais. A defesa Civil atualiza seus dados periodicamente, retirando aqueles que não apresentam mais riscos iminentes. O inventário, por sua vez, apresenta todas as ocorrências entre os anos de 2004 e 2007 que foram noticiadas nos jornais.

Dentre os bairros onde há continuidade temporal dos riscos vê-se que o Jardim Guanabara II, edificado sobre a bacia do córrego Pedreira, é um dos locais em que há recorrência de acidentes. Isso denota que os acidentes que ocorreram nesse bairro não são eventos isolados.

Tabela 04 – Áreas de risco delimitadas pela Defesa Civil em 2004 e 2007.

Áreas de risco	2004	2007	Qual o risco?
Coronel Cosme	X		Inundação e alagamento
Jardim das aroeiras	X		Erosão (desabamento e deslizamento)
Emílio Póvoa	X	X	Movimentos de massa
Vila nossa Senhora Aparecida	X	X	Inundações e alagamento
Vila São Paulo	X	X	Inundação e alagamento
Vila Santa Helena	X	X	Inundação e alagamento
Água Branca	X		Movimento de massa (fluvial)
Montecelli	X	X	Inundação
Vila Santa Efigênia	X		Movimento de massa (fluvial)
Setor Sudoeste	X		Inundação e deslizamento
Vila Fernandes	X	X	Inundação e alagamento
Jardim América	X	X	Movimento de massa (fluvial)
Vila Isabel	X		Movimento de massa (fluvial)
Urias Magalhães	X		Inundação e alagamento
Vila Roriz	X		Inundação e alagamento
Vila Ana Maria	X	X	Inundação
Jardim Guanabara II	X	X	Inundação
Divisa do Celina Park com o Jardim Europa		X	Erosão Fluvial
Proximidades do Córrego Vaca Brava, na Av. T-9		X	Inundação
Jardim Goiás (Vila Lobó)		X	Alagamento
Campinas		X	Alagamento
Jardim América		X	Alagamento
Setor Marista		X	Alagamento
Conjunto residencial João Braz II		X	Alagamento
Bairro São Francisco		X	Alagamento
Conjunto Rodoviário		X	Alagamento

Fonte: Defesa civil (2008)

O número total de moradias em áreas de risco (2007) e de adultos e crianças que vivem nessas áreas em Goiânia é apresentado na Tabela 05. Esse número foi disponibilizado pela Defesa Civil e complementa os dados da tabela 03. Um fato preocupante mostrado pela mesma é que praticamente um terço dos moradores de áreas de risco são crianças, que em eventos relacionados à inundação são muito suscetíveis a acidentes, pela sua vulnerabilidade.

Tabela 05 - Famílias em área de risco em 2006 – Goiânia

Número de moradias	Números de Adultos	Número de crianças
645	1240	651

Fonte: Defesa Civil (2008)

A Tabela 06 apresenta todos os locais onde se identificaram acidentes relacionados a alagamentos e principalmente inundações em Goiânia, bem como as suas coordenadas planas e os cursos d'água aos quais cada ponto está relacionado para o caso de

inundação. Essa tabela apresenta a localização geográfica dos pontos de ocorrência de acidentes, que foram identificados no SIGGO (SAD69) e GOOGLE EARTH (WGS84), a partir dos endereços e pontos de referência obtidos nos dados levantados ao longo do trabalho e mostrados nas tabelas anteriores. Nesses *softwares* buscou-se a partir do endereço encontrar as coordenadas (projeção UTM, Datum SAD 69, Meridiano Central 51° W Gr.) da localização de cada ponto onde foram identificados eventos de inundações.

Para que se possa ter o cenário da distribuição dos acidentes fluviais em Goiânia, os pontos de inundação foram espacializados e foi elaborado um mapa a partir do que foi compilado e apresentado nessa tabela, alguns locais que aparecem nos dados não foram identificados na planta urbana da cidade e, portanto não foram localizados.

Tabela 06 - Localização das inundações em Goiânia

ID	Localização	Y	X	Curso d'água
1	Parque Amazônia (Av. Feira de Santana)	684265	8149799	Córrego Serrinha
2	Avenida Rio Verde (Entre Goiânia e Aparecida)	678091	8147401	-
3	Jd da Luz prox. ao Buriti Shopping (Av. Maria Cardoso)	688417	8150090	Córrego Barreiro
4	Vila Alzira (Av. das Mangueiras)	689135	8144977	C. Santo Antonio
5	Bairro Goya (R da Alegria)	678990	8154551	Macambira
6	Conjunto Caiçara (BR-153)	690427	8157712	Meia Ponte
7	Villa Santa Rita	678861	8155319	Anicuns
8	Vila Coronel Cosme (Entre a r. da Paz e o Meia Ponte) abaixo da via férrea	-	-	-
9	Vila Maria Rosa (João Leite)	688264	8162350	João Leite
10	Bairro Emilio Povia	-	-	-
11	Bairro Emilio Povia (Al. Botafogo entre a av. 1 V. Nova e R. Dr. Constantino Gomes no Criméia Leste)	-	-	-
12	Vila Roriz (Rua Cloves Roberto Espelin)	685186	8159538	Meia Ponte
13	Jardim Guanabara II (Rua GB26 e GB27)	690531	8163141	Pedreira
14	Vila Monticelli (Fundo da Saneago, meia ponte)	686634	8158664	Meia Ponte
15	Recanto do Bosque	681491	8163786	Meia Ponte
16	Jardim Goiás (Vila Lobó)	687346	8153683	Botafogo
17	Celina Park (Macambira) Av. Milão, Jardim Europa/Celina Park	679353	8151890	Macambira
18	Jardim Novo Mundo	691555	8156991	Meia Ponte
19	Urias Magalhães (Av. Pampulha - Chácara nº 2, 4, 5, e 6)	684908	8160123	Meia Ponte
20	Setor Jaó	688448	8157546	Meia Ponte
21	Jardim América c4 /c6	682136	8153420	Cascavel
22	Jardim América Av. Chili q. 406A l.1 e 2	-	-	-
23	Jardim das Aroeiras (invasão do buracão)	692005	8156909	Meia Ponte
24	Vila Nossa Senhora Aparecida (Rua 1 - ch 1, 2 e 3)	694213	8158495	Anicuns
25	Vila São Paulo (Rua Padre Antão ch 3; Rua 4 e 5 qd. 14, 15, 17 e 18) Anicuns	681855	8157650	Cascavel
26	Vila Santa Helena (Nas margens do Anicuns, acima do Dernu-compav)	683550	8158332	Anicuns

27	Água Branca (nascente do cór. Água Branca)	689652	8153377	Água Branca
28	Vila Santa Efigênia (margens do Vaca Brava, Av. C-6 Qd 44, em frente a Santa Casa)	682142	8153849	Cascavel/vaca Brava
29	Setor Sudoeste	682186	8154145	Cascavel
30	Vila Fernandes (Rua 30A q.1, 2, 3 L. 1 ao 8, 10 e 12 (Anicuns))	684048	8158435	Anicuns
31	Vila Isabel (lado direito na baixada da 2º radial)	687197	8151413	Botafogo
32	Vila Ana Maria	-	-	-
33	T9 próximo ao Vaca Brava	683847	8152326	Vaca Brava
34	Campinas	681621	8156222	Cascavel
35	Setor Marista	685736	8152085	Areião
36	Conjunto Residencial João Braz II	675086	8155033	Anicuns/Salinas
37	Bairro São Francisco	679454	8156222	Anicuns
38	Conjunto Rodoviário	681324	8155795	Cascavel (tributário)

Fonte: Elaborado pela autora.

Observa-se no mapa (Figura 05) uma concentração dos acidentes na porção centro-sul do município. Essa concentração coincide com a região mais urbanizada da capital, isso porque a bacia do ribeirão Anicuns, onde se encontra edificada a maior parte de Goiânia, foi a área destinada à construção da capital. O Decreto nº 3359, de 18 de maio de 1933, determinou que a região, às margens do córrego Botafogo, compreendida pelas fazendas denominadas "Criméia", "Vaca Brava" e "Botafogo", no então Município de Campinas, fosse escolhida para nela ser edificada a Nova Capital do Estado (IBGE, 2009). Como marco inicial da implantação de Goiânia essa região se tornou hoje a mais densamente povoada e com grandes taxas de ocupação e consequentemente impermeabilização do solo.

Assim, em Goiânia destacam-se as bacias da porção sul da cidade, que apresentam altos níveis de ocupação e ocorrência de eventos de inundação associados aos córregos Macambira, Cascavel e Botafogo. Essas bacias apresentam vários pontos de ocorrência de eventos de inundação o que pode ser observado na figura 06 e na figura 07, onde os números mostram que a quantidade de locais de ocorrência de inundações nessas bacias assemelham-se aos que estão associados à de cursos d'água maiores, como o rio Meia Ponte.

Essas bacias apresentam grande impacto decorrente da urbanização e das modificações empreendidas no sistema de drenagem urbana, bem como intervenções no leito do rio. A comparação entre mosaicos de fotografias aéreas de 1989 e de 2006, juntamente com análise da rede de drenagem desses períodos, demonstrou que os canais de drenagem de dois dos afluentes do ribeirão Anicuns foram amplamente modificados, através de retificação, canalização e construção de marginais, sendo estes o córrego Cascavel e o Botafogo.

Os demais pontos estão associados ao Anicuns, Meia Ponte e ao João Leite em menores proporções. Além desses locais aparecem o córrego Pedreira, o córrego Água Branca e alguns pontos considerados como alagamentos, por não estarem associados a cursos d'água.

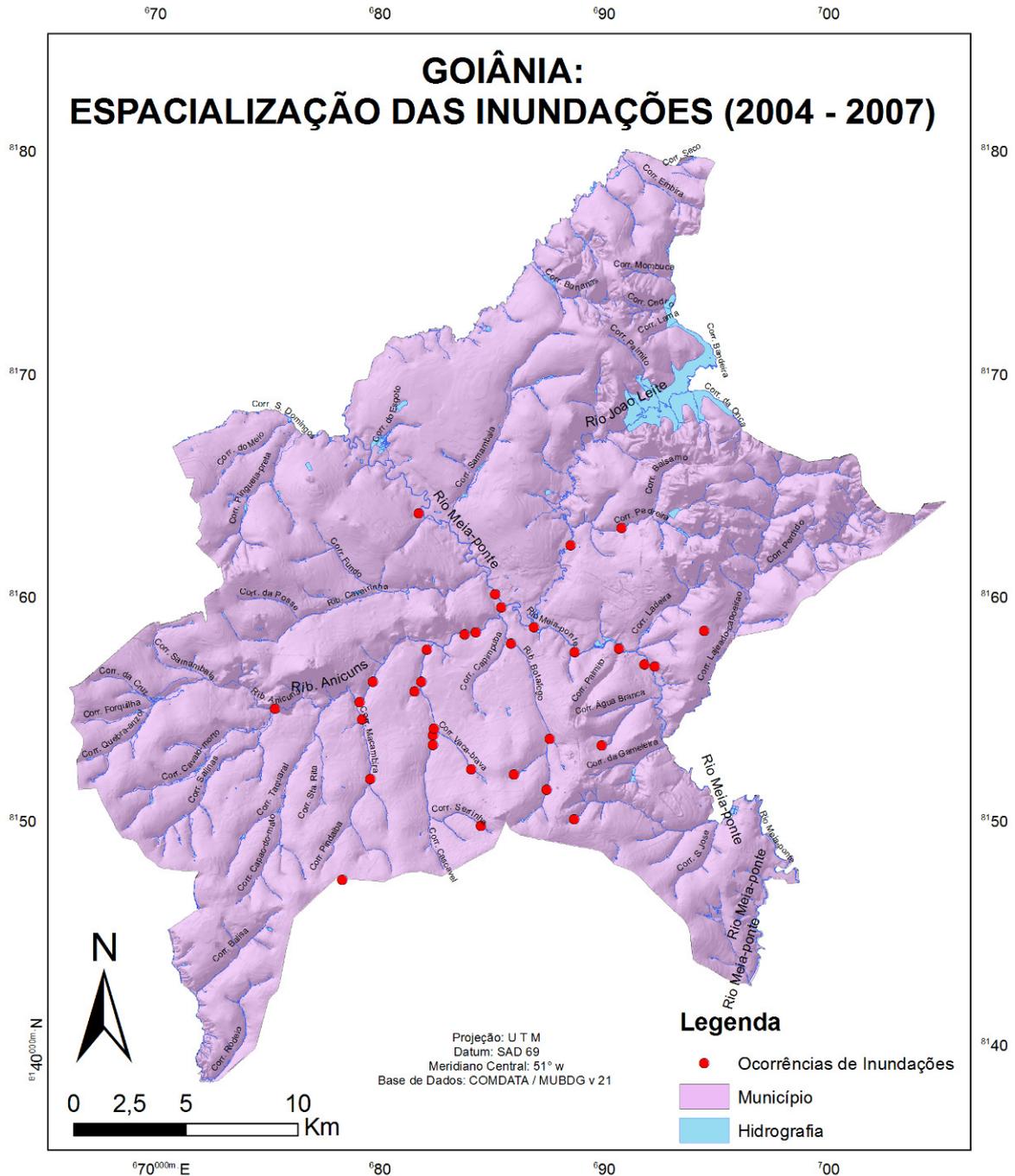


Figura 05 - Espacialização das inundações em Goiânia, com base em dados de 2004 a 2007.

A partir dessa breve análise pode-se compreender a grande concentração de eventos de inundação na porção sul de Goiânia que se apresenta amplamente urbanizada, impermeabilizada e com a rede de drenagem modificada. A bacia do córrego Pedreira, porém, não apresenta características semelhantes às bacias da porção sul de Goiânia, pois apresenta inclusive usos rurais, nem tão pouco apresenta as proporções de um rio ou ribeirão. No entanto destacou-se ao longo da análise dos dados desse trabalho pela frequência de acidentes e por sua recorrência.

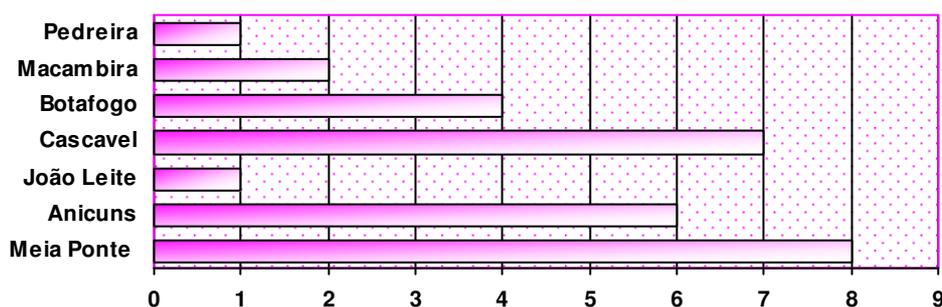


Figura 06 - Registros de Inundações por Bacias Hidrográficas em Goiânia em 2008.

Apesar de aparecer com apenas um local de ocorrência de inundação com danos a seres humanos e ter sido classificada como nível médio de risco pela Defesa Civil (2008), a bacia do córrego Pedreira tem apresentado eventos de acidentes recorrentes ano após ano. Além disso, o número de famílias ali instaladas é relevante em relação ao número apresentado para Goiânia. Apesar de algumas famílias terem sido removidas pela Prefeitura, muitas ainda ocupam a área onde ocorrem os acidentes.

Segundo dados da Defesa Civil (2008) descritos anteriormente, existem em Goiânia 645 famílias morando em áreas de risco em Goiânia. Mais de 10% dessas famílias residem na bacia do Córrego Pedreira (Figura 07). Das 69 famílias que moram em áreas de risco nessa bacia, 201 são adultos e 137 são crianças.

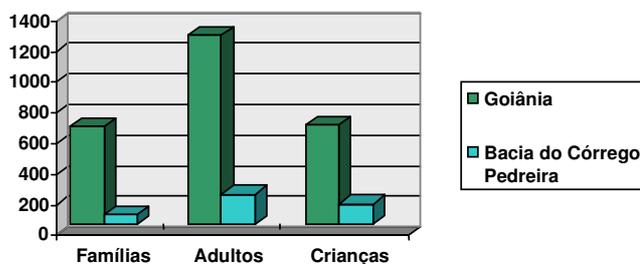


Figura 07 - Pessoas em área de risco em Goiânia e na bacia do córrego Pedreira, 2006

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, fez-se necessário investigar as causas dessas inundações para que se possam propor futuramente medidas de mitigação desses riscos, principalmente pelo grande número de vidas envolvidas inclusive de crianças. Como já comentado, 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. Com a população ainda habitando em áreas impróprias, esse risco se intensifica, o que é discutido nos próximos capítulos.

4 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO PEDREIRA

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 o contexto de ocorrência das mesmas. Entende-se aqui que este contexto se dê na bacia hidrográfica, que é um sistema e, portanto, possibilita uma visão totalizante. Considera-se, assim, que é possível observar o problema de forma mais holística quando a caracterização envolve tanto os aspectos do meio físico, quanto os aspectos do uso e da ocupação da bacia. Desse modo, esse capítulo trata do primeiro nível de análise aqui citado, ao realizar uma análise dos fatores naturais que contribuem direta ou indiretamente para a ocorrência de inundações, mostrando que a natureza tem sua dinâmica, e que essa precede a apropriação do espaço pelo homem.

Busca-se, assim, a relação do fenômeno inundação com a geologia, geomorfologia, clima, tipo de solo e outros atributos físicos. Dessa forma, espera-se entender qual a contribuição de cada um desses elementos no condicionamento ou agravamento das inundações. Admite-se aqui que os fatores naturais podem ser os principais, mas não os únicos responsáveis pelas inundações.

Para iniciar a caracterização física da bacia do córrego Pedreira, a seguir são apresentadas as características da bacia quanto à hidrografia e à forma da bacia hidrográfica em planta. Optou-se por esta estrutura ao se considerar essa nomenclatura uma informação de referência para os outros assuntos tratados, apesar de se reconhecer que essa caracterização faz parte da análise geomorfológica, que é discutida em outro item deste mesmo capítulo.

4.1 Hidrografia

A rede hidrográfica da bacia tem como curso d'água principal o córrego Pedreira (Figura 08), que por sua vez recebe contribuição dos seguintes afluentes: córregos do Pião, Matão, Bálamo, da Barra e Guanabara, além de um córrego sem denominação na base cartográfica digital utilizada (COMDATA, 2007). O curso d'água principal apresenta direção do fluxo quase Leste-Oeste e deságua no ribeirão João Leite. Grande parte de seus tributários tem suas nascentes na porção não-urbanizada da bacia. Na área do condomínio fechado, que tem uma ocupação mediana, as nascentes foram, em sua maioria, mantidas com vegetação original nas áreas destinadas a preservação.

No cálculo de densidade de drenagem para a bacia, elaborado de acordo com Jorge e Uehara (1998), obteve-se um valor de $0,9 \text{ m/km}^2$. Locais com valores iguais a 1 foram considerados de densidade média, com valores superiores a 1, alta, e inferiores a 1, baixa. Portanto a densidade de drenagem da bacia do córrego Pedreira foi considerada baixa, porém muito próxima de valores medianos. A densidade de drenagem é um parâmetro que possibilita conhecer os padrões de drenagem de uma bacia e indica a permeabilidade natural relativa do terreno. Terrenos mais impermeáveis apresentam densa rede de drenagem e terrenos mais permeáveis apresentam menor densidade (JORGE e UEHARA, 1998). No caso da bacia estudada, os resultados indicam que a permeabilidade do terreno é mediana, sendo maior na porção oeste da bacia e menor na porção leste, por causa da concentração de cursos d'água. A organização espacial da rede hidrográfica desta bacia é descrita a seguir e apresentada no mapa (Figura 08).

O córrego do Pião, que é um dos formadores do córrego Pedreira, nasce em área de remanescente preservado no condomínio horizontal fechado, que se localiza na área leste da bacia. Além de outros tributários, o córrego Matão também deságua no córrego Pião. As nascentes do Matão foram identificadas na área rural da bacia. Outro tributário do córrego Pião é o córrego da Barra, esse último nasce na porção sul da bacia, já em área urbana.

O córrego Bálsamo, que tem suas nascentes na porção nordeste da bacia, dentro do parque ecológico “Altamiro de Moura Pacheco”, conflui com o córrego do Pião, para então formar o córrego Pedreira, que ainda recebe contribuição do córrego Guanabara, que se localiza na porção sudoeste da bacia, e de outro curso d'água não identificado, que se localiza na porção noroeste da bacia, para enfim desaguar no ribeirão João Leite.

O represamento dos cursos d'água nessa bacia é bastante utilizado, como pode ser observado na Figura 08. Exceto o córrego Guanabara (que está em parte canalizado), todos os demais foram barrados para a formação de lagos e represas que apresentam tamanhos e usos variados.

Destaca-se que até a confluência do córrego Bálsamo com o córrego Pião, o relevo na bacia é movimentado (Figuras 09 e 10). Após esta ocorrer, formando o córrego Pedreira, o relevo passa a ser mais suavizado. Há, portanto, uma ruptura nos declives. Assim as águas que são drenadas em velocidade maior na alta bacia tendem à concentração na baixa bacia, onde o relevo é mais suave. Desse modo, as mesmas passam a ter sua velocidade reduzida devido às mudanças na capacidade de escoamento. Isso pode ocasionar retardo na dissipação do fluxo no córrego Pedreira. Esse fato, somado à possibilidade de chuvas

extremas, pode ser considerado como uma característica natural da bacia que favorece a ocorrência de inundações.

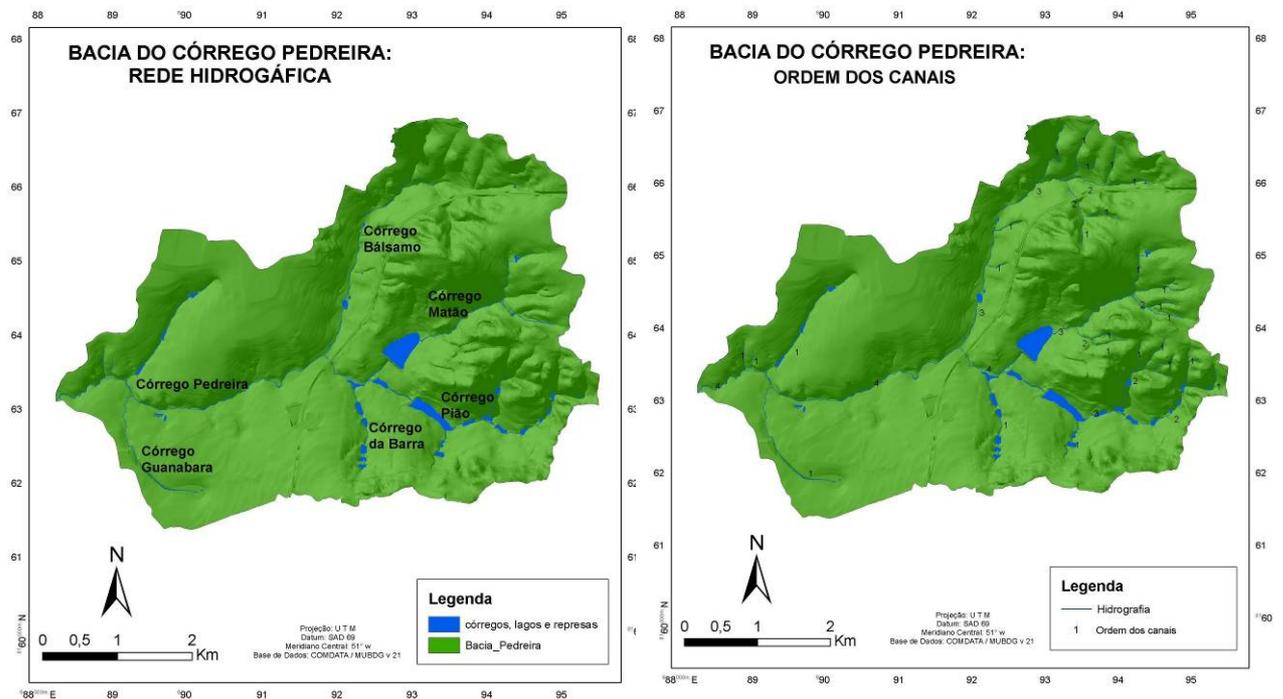


Figura 08 A e B - Rede hidrográfica e hierarquia fluvial da bacia do córrego Pedreira.



Figura 09 - Visão panorâmica de parte da bacia do córrego Pedreira, a foto com visão SE-NO mostra os divisores d'água ao fundo e a diferença de relevo encontrada na bacia.



Figura 10 - Visão panorâmica da alta bacia, a foto com visão NO-SE tirada do residencial Vale dos Sonhos mostra a alta bacia e os divisores de água.

A bacia do córrego Pedreira em relação à ordem dos canais apresenta: vinte e cinco canais de primeira ordem, seis canais de segunda ordem, três canais de terceira ordem e um canal de quarta ordem, o córrego Pedreira. Para realização dessa hierarquização foi feito o refinamento da drenagem da bacia, para os demais mapas foi mantida a drenagem original da base utilizada. O ordenamento dos canais demonstra a grande capacidade de escoamento das

águas na bacia em direção ao canal principal, que é o que apresenta as ocorrências de inundação.

Várias características morfológicas de uma bacia podem ser mensuradas. A forma superficial de uma bacia hidrográfica é importante devido ao tempo de concentração, definido como o tempo a partir do início da precipitação, que uma gota d'água da chuva leva para percorrer a distância entre o ponto mais afastado da bacia do ponto de concentração de todo o escoamento e seu exutório (JORGE e UEHARA, 1998).

A forma da bacia do Córrego foi definida como triangular, utilizando os parâmetros apresentados por Christofolletti (1980), com a parte mais larga a leste, onde estão às altitudes máximas que chegam a cerca de 1040 m, com declividades geralmente superiores a 20 %, apresentando vale em V fechado, bastante encaixado. Esta parte da bacia atua como uma grande área de captação das precipitações. A bacia se afunila em direção à confluência, onde as altitudes são da ordem de 660 m, com declividade que ficam em torno de 8%, onde apresenta vale em V aberto e assimétrico, com uma estreita planície de inundação em alguns locais. Isso numa bacia que apresenta 24,9 km² de área.

4.2 Geologia

Em relação à geologia da bacia do córrego Pedreira (Figura 11), pode-se perceber a divisão clara da bacia em dois compartimentos, um na porção leste e o outro na oeste. O primeiro tem como substrato granulitos paraderivados, apresentando ainda duas faixas menores, uma de charnockitos no sudeste desse compartimento, a outra de gnaiss hiperaluminoso no norte da área. Talvez por causa da diferença entre escalas na delimitação da bacia, em escala muito maior (1:10.000) do que o mapeamento geológico do qual foram compilados os dados apresentados no mapa (1:50.000), há ainda uma faixa quase inexpressiva de granito gama 3 no extremo sul desse compartimento. Já na porção oeste predomina granulito anfibolito em quase toda área, aparecendo apenas uma pequena faixa de aluvião na confluência com o ribeirão João Leite.

A diferença na geologia da bacia mostra a origem da tendência de distinção entre o leste e o oeste. Por causa da resistência diferencial das rochas houve intemperismo diferenciado nas mesmas, provocando as diferenças encontradas no relevo. Os paragrulitos, pela presença de quartzo, são mais resistentes ao intemperismo e formam solos mais rasos. Já os ortogrulitos, caso do granulito anfibolito, são mais suscetíveis ao intemperismo químico e formam solos mais espessos (LOPES e ROMÃO, 2006).

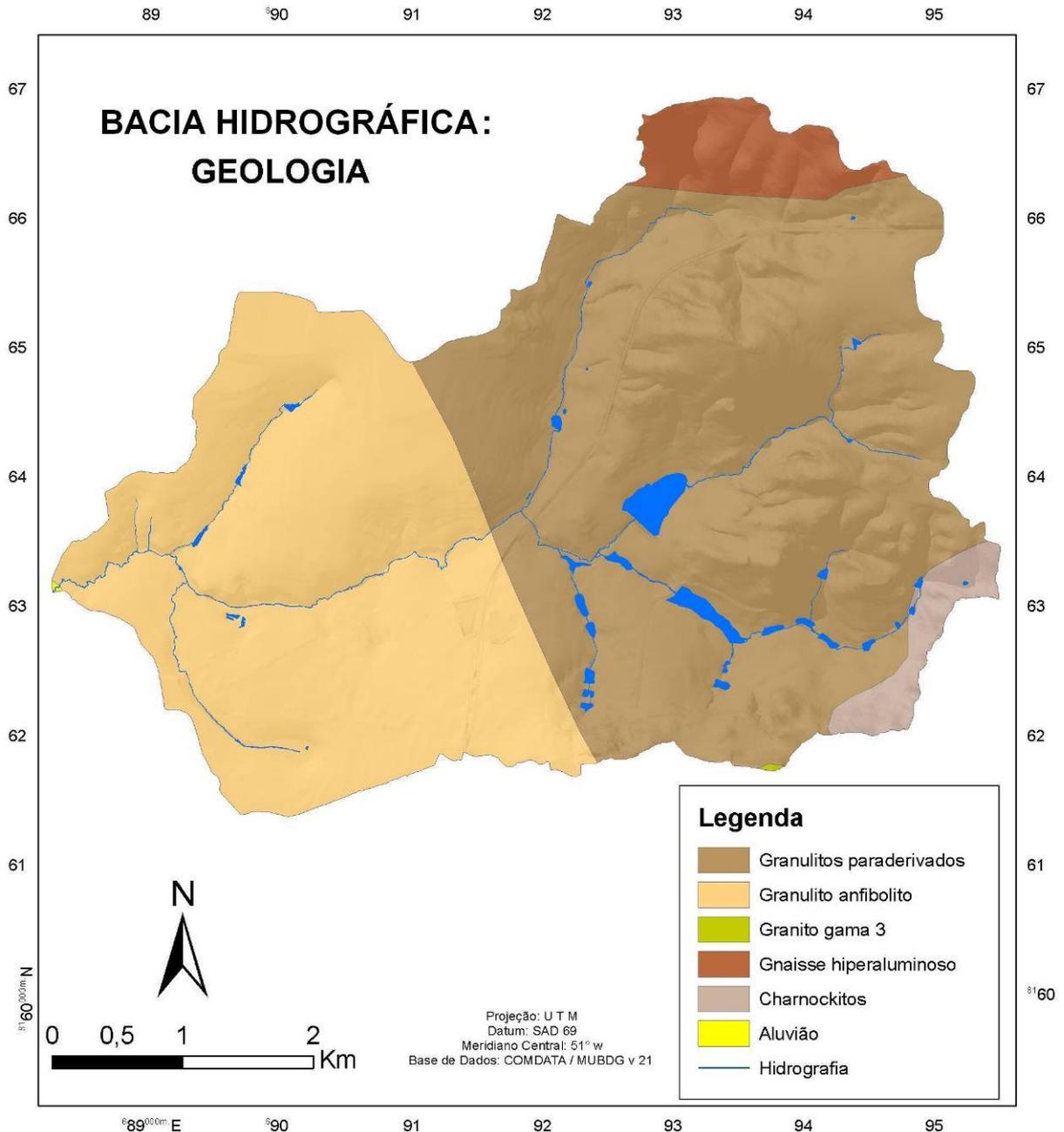


Figura 11 - Geologia da bacia do córrego Pedreira. Escala do mapa original, de 1:50.000. Fonte: Campos *et al.* (2003).

No contexto geológico, essas litologias se associam no município de Goiânia ao compartimento que está ao norte do ribeirão Anicuns. A divisão entre a parte sul e a parte norte do município deve-se principalmente a uma falha de cisalhamento de direção geral E-W, na qual se instalou o curso do Anicuns. Segundo Moreton (1994), Goiânia encontra-se inserida em duas distintas unidades litoestruturais: o Complexo Granulítico Anápolis-Itauçu correspondente a sua porção setentrional, e o grupo Araxá - Sul de Goiás concernente ao setor meridional. Essa divisão faz variar além da litologia, a forma do relevo, os tipos de solo e a vegetação. A ocupação segue uma tendência de adensamento no sul, onde o relevo é mais suave. A porção sul de Goiânia apresenta pouca variabilidade no que se refere à geologia. É

em sua maioria formada por xistos com alguns enclaves de quartzito micáceo. Já a porção norte é bastante diversificada litologicamente. A bacia em estudo situa-se na porção setentrional supra descrita, portanto, em área litologicamente diversificada.

Regionalmente, o Complexo Anápolis-Itauçu corresponde a uma ampla faixa de rochas granulíticas proterozóicas. Apresenta grande variedade litológica, tais como: hornblenda-piroxênio gnaisses, granulitos básicos bandados, gabro-piroxenitos granulitizados, enderbitos e charnokitos. Essas rochas foram inicialmente posicionadas no domínio do Complexo Goiano e posteriormente individualizadas sob a denominação de Associação de Ortogranulitos básicos e ultrabásicos (anfíbolitos, metagabros, metanoritos, metapiroxenitos, talco xisto, talco-clorita xisto serpentinitos e uma suíte charno-enderbítica) e Associação de Rochas Supracrustais para os granulitos paraderivados (gnaisses sílico-aluminosos e quartzofeldspáticos, granada gnaisses, rochas calcissilicáticas, diopsídio mármore, granada quartzitos e gonditos) (CAMPOS *et al.*, 2003).

4.3 Clima

Quanto ao clima, optou-se por caracterizar as principais influências climáticas regionais, principalmente em relação aos movimentos de massas de ar e discutir sobre o contexto regional do clima antes de falar especificamente sobre o clima em Goiânia, município no qual a bacia do córrego Pedreira está inserida.

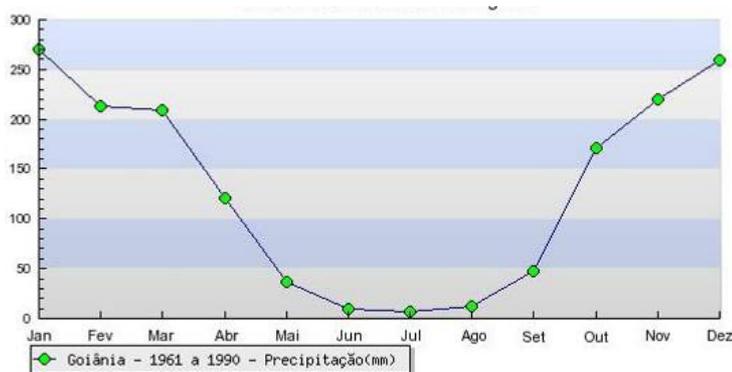
As principais massas que influenciam o clima na região Centro-Oeste são: a Massa Tropical Atlântica que atua com maior frequência na região Centro-Oeste no final do outono, no inverno e início da primavera. Entretanto, ao atingir a região Centro-Oeste, essa massa já perdeu boa parte da sua umidade, tornando-se impossibilitada de causar episódios chuvosos na região; a Massa Polar Atlântica, que atua nessa região ao longo de todo o ano, embora com maior frequência no inverno, quando esse anticiclone está mais potente. Essa última influencia de maneira especial as características do clima na região Centro-Oeste, pois favorece um regime de estiagem durante o inverno e episódios de chuvas frontais durante a primavera-verão. Já o predomínio da Massa Equatorial Continental durante um período de tempo mais longo na região é o responsável pelas chuvas convectivas de verão (CAMPOS *et al.*, *op.cit.*).

Outra característica climática da região são os veranicos, provocados pela Massa de ar Tropical Continental. Essa massa é originária da depressão do Chaco, e caracteriza-se como uma massa quente e seca, que quando presente é responsável por longos períodos de estiagem no verão, ou veranicos, bastante frequentes na região (CAMPOS, *op. cit.*).

Na região dos cerrados as chuvas apresentam características bastante particulares, principalmente quanto às grandes flutuações na precipitação mensal. Essa região é ainda afetada pelos veranicos, que são períodos de interrupção da precipitação, que ocorrem durante a estação chuvosa. Outra característica importante das chuvas nos cerrados é a sua intensidade, que pode atingir valores bastante altos durante a estação chuvosa (ASSAD *et al*, 1994). As chuvas intensas e que, em geral, apresentam curta duração são as que causam as inundações também de maior intensidade. Isso ocorre porque as chuvas intensas dificultam a infiltração da água no solo, devido a sua velocidade e a rápida saturação da capa superficial do solo, isso somado a declividade do terreno faz com que a água da chuva chegue mais rapidamente e em maior quantidade à drenagem, ocasionando assim uma vazão de cheia.

Na região Centro-Oeste observa-se que, na estação excessivamente chuvosa [o verão], o excedente de água (volumes que ultrapassam a capacidade de armazenamento do solo) alcança, normalmente, volumes grandiosos [...] (NASCIMENTO, 2002). Esse excedente hídrico é um dos fatores naturais que estão ligados às inundações. A água que não é absorvida pelo solo escoar até a calha de drenagem, aumentando o seu volume e excedendo a capacidade de escoamento dentro de seu leito.

Como a área de estudo está situada na região Centro-Oeste do Brasil, o seu 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, *op.cit*). Dentro do período chuvoso a precipitação pode ser irregular, havendo dias ou horas de chuva intensa, intercalados de períodos curtos de estiagem.



Fonte dos dados: INMET

Figura 12 - Precipitação (mm) no município de Goiânia no período de 1961-1990. Média das precipitações mensais em 30 anos.

Em Goiânia, e conseqüentemente na bacia do córrego Pedreira, as chuvas concentram-se no verão, com destaque para os meses de dezembro e janeiro (Figura 12), o que propicia um incremento do escoamento.

Os dados relacionados à precipitação média mensal demonstram que há uma concentração das chuvas no período de outubro a abril. Para exemplificar a ocorrência de concentração das chuvas tomou-se como referência o ano de 2007. Nesse ano a ocorrência de inundações foi registrada preponderantemente nos dois primeiros meses do ano (Figura 13), com ênfase no mês de fevereiro. Isso reforça a relação entre os períodos de chuvas extremas e as inundações, pois as mesmas são registradas principalmente no período de dezembro a fevereiro.

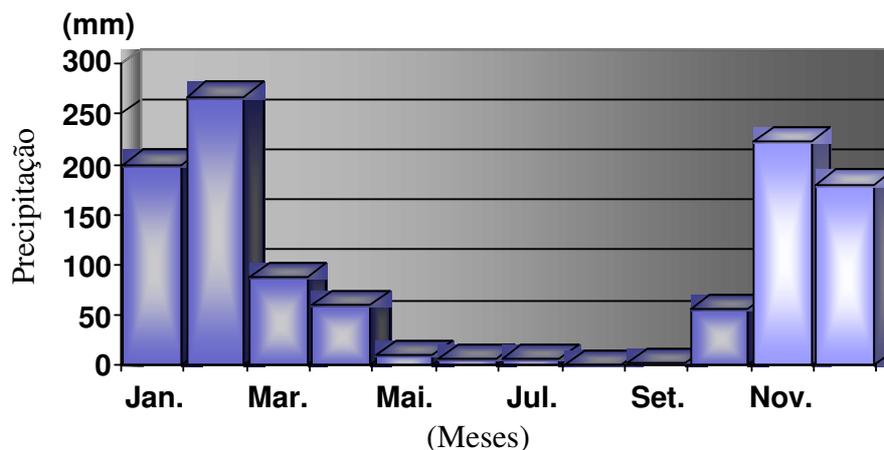


Figura 13 - Precipitação em Goiânia (mm) - Janeiro a Dezembro de 2007 – estação INMET no centro de Goiânia.

Ao analisar o mês mais chuvoso de 2007 (Figura 14), percebe-se que não há durante o mês uma distribuição homogênea da precipitação. Também não é comum a ocorrência de dias isolados com chuva torrencial. O que ocorre predominantemente é uma concentração de dias consecutivos de chuva intercalados por dias consecutivos sem chuva ou com baixo índice pluviométrico. Essa concentração de dias consecutivos com chuva favorece as inundações, pois além de provocar a saturação do solo ocasiona ainda um aumento gradativo e constante da vazão.

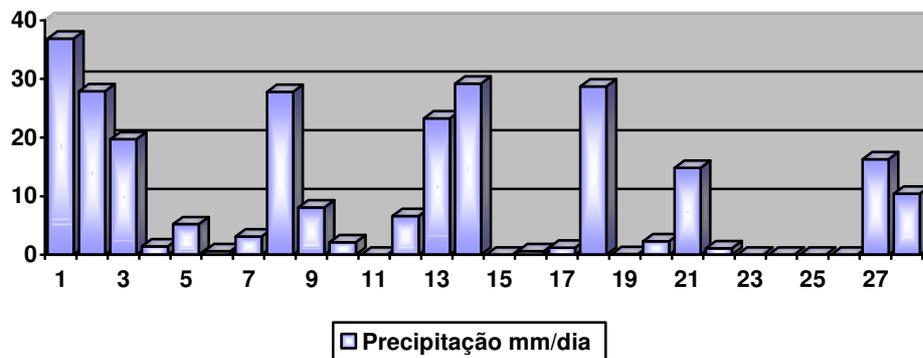


Figura 14 - Precipitação em Goiânia - fevereiro de 2007 (mês mais chuvoso do ano).

Um exemplo da relação entre os dias consecutivos com chuva e a ocorrência de inundações é a manchete do Jornal Diário da Manhã que noticia que no dia 02 de fevereiro de 2007 no Jardim Guanabara II (córrego Pedreira) casas foram inundadas pelas águas e os moradores perderam alimentos, além de móveis e eletrodomésticos. Há ainda nesse artigo a informação de que a cota atingida pelas águas foi de 40 a 60 cm. Comparando esse dia com o gráfico da figura 14, percebe-se que os primeiros dias desse mês foram dias de chuva consecutivos que resultaram na ocorrência do evento relatado no jornal.

A tabela 07 mostra total anual de cada ano do período de 1970 a 2009 em Goiânia, demonstrando as variações anuais desse índice.

Tabela 07 - Precipitação em totais anuais (mm), de 1970 a 2009, estação do INMET, Goiânia - GO.

ANOS/MESES	TOTAL ANUAL		
1970	1622,4	1989	1659,6
1971	1757,9	1990	1364,5
1972	1721,7	1991	1402,8
1973	1673,1	1992	1924,3
1974	1306,6	1993	1498,1
1975	1443,3	1994	1610,4
1976	1738,1	1995	1694,3
1977	1549,6	1996	1763,1
1978	1492,2	1997	1596,1
1979	216,8	1998	1574,4
1980	1667,7	1999	1347,5
1981	709,2	2000	1833,5
1982	2049,4	2001	1766,9
1983	1771,2	2002	1536,4
1984	1473,7	2003	1541
1985	1749,7	2004	1555,9
1986	1269	2005	1906,9
1987	1663,9	2006	1715
1988	1551,1	2007	1095,2
		2008	1796,9

Fonte: INMET, (2009). Os totais anuais foram calculados com base nos dados diários de precipitação disponibilizados pelo INMET (2009), para o ano de 1979 e 1981 os dados estão incompletos.

A avaliação dos dados históricos do clima na região foi abordada também por Campos et al. (2002), num intervalo de tempo diferente (1960 – 2001, com falhas em alguns períodos para estações no entorno de Goiânia) ao trabalhado na tabela 07, abrangendo ainda uma área um pouco maior, incluindo o município de Goiânia. Nesse estudo esses autores puderam constatar que: (a) o padrão climático da região é fortemente sazonal, isto é, apesar da elevada taxa de precipitação pluvial média anual (de cerca de 1.500 mm), há forte concentração das chuvas nos período de novembro a março e no período de recessão das chuvas há forte déficit; (b) a distribuição anual das chuvas, que apresenta constantes eventos extremos (superiores a 50 mm/hora ou maior que 80 mm/dia), causa uma perda elevada por

escoamento superficial; (c) não há variação significativa nos principais parâmetros climáticos de forma a determinar mudanças climáticas. A avaliação da série histórica contra uma série curta de cinco anos indica que a precipitação anual total é mantida, o que pode ser observado é a migração de meses com maior taxa de precipitação; (d) a forte sazonalidade climática da região resulta na necessidade da gestão adequada do sistema hídrico.

Diante dos dados e fatos apresentados, pode-se concluir que a influência do clima na ocorrência de inundações está mais relacionada à concentração das precipitações nos meses de outubro a março, com ênfase nos meses de dezembro a fevereiro e à ocorrência de dias consecutivos com chuva, como foi demonstrado, destacando ainda a existência de chuvas localizadas.

4.4 Geomorfologia

Quanto à geomorfologia, o mapa geomorfológico da bacia (Figura 15) foi organizado com base nos dados de Casseti (1992). A geomorfologia tem íntima relação com as inundações, isso porque as formas do relevo definem principalmente a direção de fluxo, locais de concentração e de dispersão do escoamento superficial.

As unidades geomorfológicas do município de Goiânia foram compartimentadas por Casseti (*op.cit.*), que com base em aspectos morfométricos e de gênese individualizou cinco unidades: Planalto Dissecado de Goiânia, Chapadões de Goiânia, Planalto Embutido de Goiânia, Terraços e Planícies Fluviais da bacia do rio Meia Ponte e Fundos de Vale. A área de estudo está em sua maioria representada pelo Planalto Dissecado de Goiânia, Planalto Embutido de Goiânia e subordinadamente pelo compartimento de Fundos de Vale. A seguir são descritas as unidades que ocorrem na área, individualizadas por Casseti (*op.cit.*):

Planalto Dissecado de Goiânia - PDG subunidade a4- (920-950 m) corresponde à seção nordeste e norte do município. Essa unidade se encontra caracterizada por duas subunidades: (a) Superfície de Formas Aguçadas, com declividades superiores a 30 %, com forte efeito tectônico e pronunciado grau de dissecção e (b) Superfícies de Formas Convexizadas, com declividades inferiores a 20 %.

Planalto Embutido de Goiânia - PEG - (750-800 m) encontra-se caracterizado pelas seguintes subunidades. (a) Superfície de Formas Convexas, onde o grau de dissecção responde pelo gradiente das vertentes, suavemente e moderadamente convexizadas, apresentado respectivamente declividade de até 10% e 20%; (b) Superfície de Formas Tabulares, correspondente ao remanescente de pediplano embutido, onde se observa a existência de *dales*. Na bacia do córrego Pedreira a unidade que aparece é a Superfície de

Formas Convexas, representadas pelas subunidades c1, com predomínio de declive de 0 a 5% e c2, com predomínio de declive de 5 a 10%.

Fundos de Vales - FV - que foram caracterizados como uma unidade morfológica em função do objetivo do trabalho realizado por Caseti (1992), sendo esses caracterizados por faixas de transição entre os processos aerolares e lineares, com declividades que atingem até mais de 40 %. Na área de estudos, essa unidade apresenta inclinações maiores que 30% e ocorre ao longo de quase toda a extensão dos cursos d'água existentes.

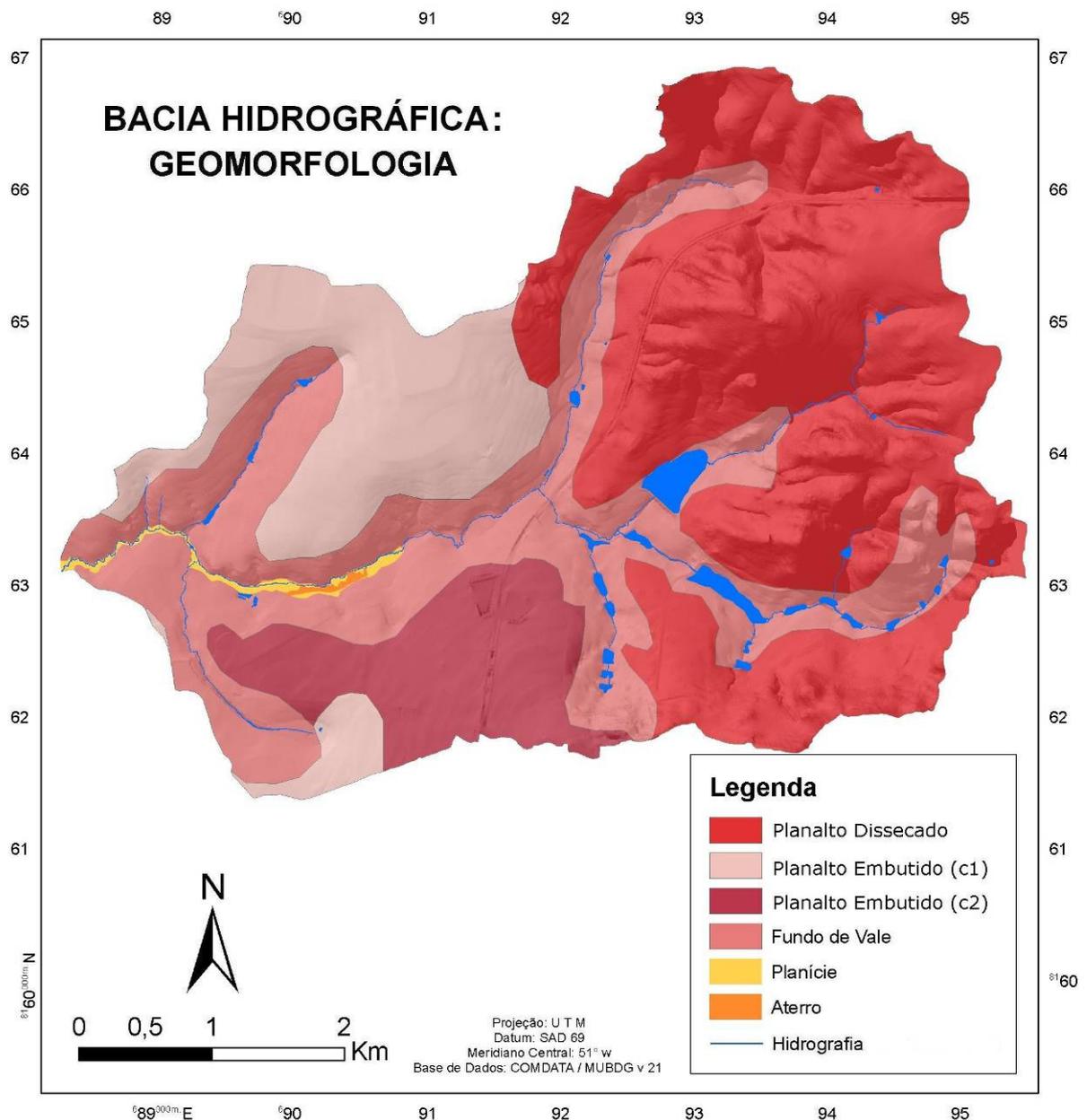


Figura 15 - Mapa geomorfológico da bacia do córrego Pedreira elaborado em escala 1/50.000. Fonte: Modificado de Caseti (1992).

No caso da bacia do córrego Pedreira, as classes de Planície e Aterro foram acrescentadas ao mapa elaborado por Caseti (1992), definidas a partir das evidências na

ortofoto (2006), nos mapas hipsométrico e de declividade e nas verificadas em trabalho de campo.

Já no trabalho realizado por Campos *et al.* (2003), denominado Diagnóstico Hidrogeológico da Região de Goiânia, os critérios utilizados para a compartimentação geomorfológica local foram a hipsometria, morfodinâmica, forma das encostas, densidade de drenagens e classes de coberturas. Foi possível diferenciar quatro compartimentos denominados informalmente de: Depressão do Meia Ponte, Planalto Dissecado, Planalto Rebaixado e Residuais de Aplainamento. Desses compartimentos, a Depressão do Meia Ponte e o Planalto Dissecado são encontrados na área de estudo.

Campos *et al.* (2003) afirmam que é importante ressaltar que a proposta de compartimentação apresentada no diagnóstico hidrogeológico não utiliza os princípios consagrados utilizados nos estudos geomorfológicos, mas tem o objetivo de fazer a ligação entre a morfologia da paisagem e as águas subterrâneas. Essa compartimentação realizada por Campos *et al.* (*op.cit.*) é apresentada e detalhada a seguir apenas para aqueles compartimentos que aparecem na bacia do córrego Pedreira:

Depressão do Meia Ponte: possui cotas inferiores a 760 m e relevo ondulado. Do ponto de vista geodinâmico, predominam os processos de erosão e acumulação sobre os processos intempéricos. As coberturas mais comuns são representadas por Cambissolos, Gleissolos e Neossolos flúvicos. De forma geral as encostas são côncavas e na área a amplitude de relevo nesse compartimento não supera 70 m. O padrão de relevo varia de ondulado a forte ondulado.

Planalto Dissecado: São observados nesse compartimento Cambissolos, Neossolos litólicos e Nitossolos. As superfícies elevadas são controladas pela resistência dos granulitos ácidos, metagranitos e quartzitos aos processos de intemperismo químico e físico. As superfícies inclinadas contribuem para o aumento do escoamento superficial, reduzindo a infiltração.

Além da contribuição da geomorfologia como um todo, as características morfométricas da bacia contribuem particularmente para a análise do contexto do meio físico da bacia e conseqüentemente para a busca pelas causas das inundações. O conhecimento da declividade e das curvas hipsométricas da bacia, por exemplo, são úteis para o zoneamento quanto ao uso e ocupação do solo. A curva hipsométrica é a representação gráfica do relevo de uma bacia e constitui o estudo da variação da elevação dos vários terrenos da bacia com referência ao nível do mar (JORGE e UEHARA, 1998).

Em relação à hipsometria, essa bacia apresenta altitudes que variam de 660 a 1040 m, como pode ser observado no mapa hipsométrico (Figura 16).

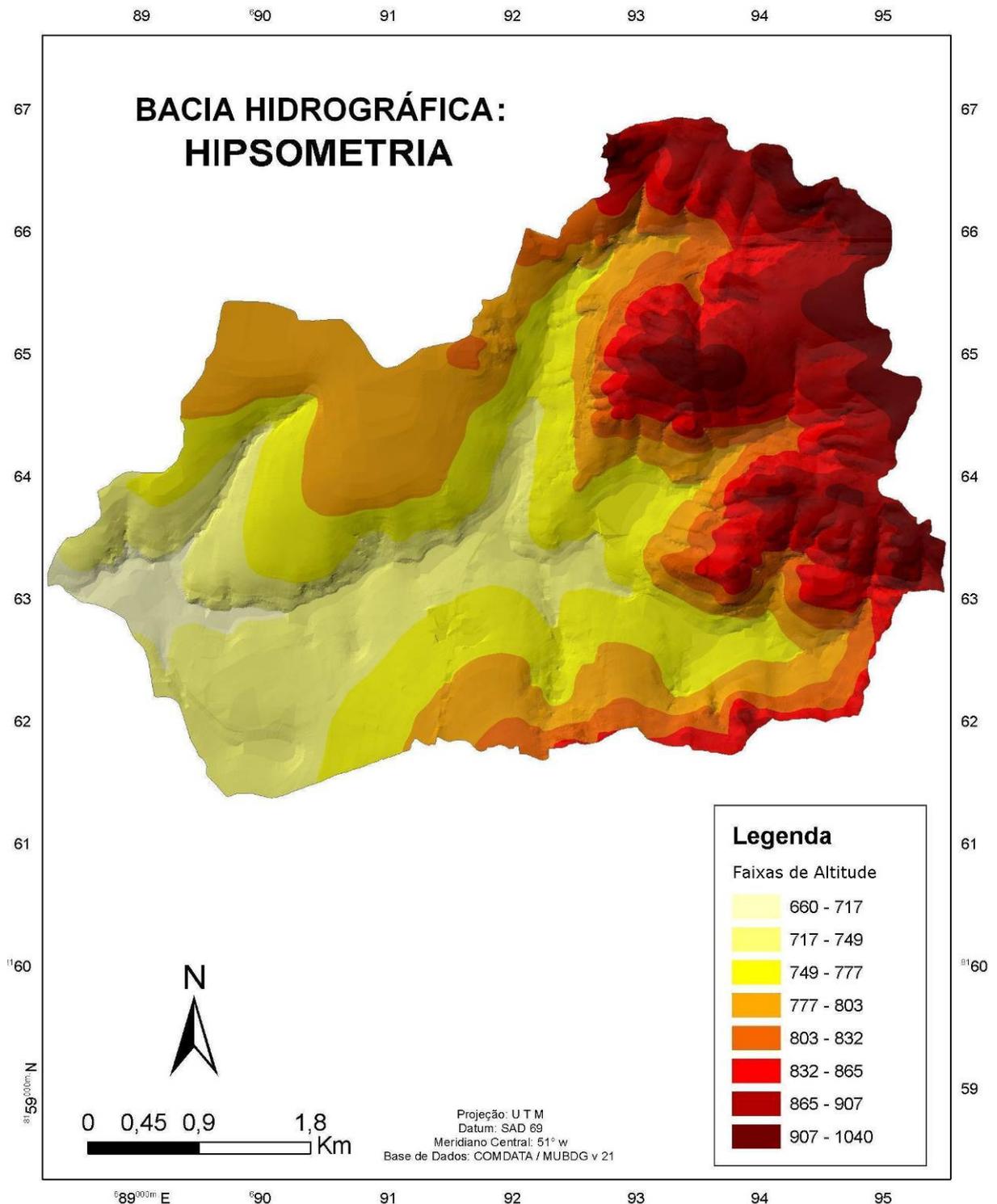


Figura 16 - Mapa Hipsométrico da bacia do córrego Pedreira.

O mapa hipsométrico respeitou em sua elaboração as quebras naturais do declive no relevo para que se pudesse observar os compartimentos morfológicos e as discontinuidades na superfície altimétrica, o que também interfere na velocidade, aceleração e

desaceleração do fluxo de água do escoamento superficial. A observação do mapa e a análise das cotas altimétricas levam a algumas conclusões. A primeira, que pode ser observada desde o primeiro olhar, é que existem dois compartimentos bem distintos no que se refere à altimetria (Figuras 17 e 18), um a leste onde se encontram as nascentes dos córregos que formam a rede hidrográfica da bacia, outro a oeste desde a meia bacia até a confluência com o ribeirão João Leite, coincidindo com o mapa geomorfológico.

O primeiro compartimento apresenta altitudes que ultrapassam mil metros, em um relevo bastante movimentado, já o segundo apresenta altitudes que variam entre 600 e 800 m em um relevo suavizado. A altimetria tem papel relevante no escoamento dessa bacia, pois a grande variação altimétrica, de cerca de 380 m, em uma bacia com menos de 25 km², com comprimento de rampa variando em média de 500 a 1000 m, potencializa o escoamento superficial.



Figura 17 - Compartimento de relevo mais movimentado pode ser observado em segundo plano.



Figura 18 - Compartimento de relevo mais suave pode ser observado também em segundo plano.

Para possibilitar a visualização de algumas características morfológicas da bacia foram realizados um perfil longitudinal da bacia e quatro perfis transversais que mostram as diferenças do relevo da bacia ao longo da trajetória do córrego. O exagero vertical adotado para os perfis varia de 4 a 6 vezes. A localização dos perfis está expressa no mapa a seguir (figura 19).

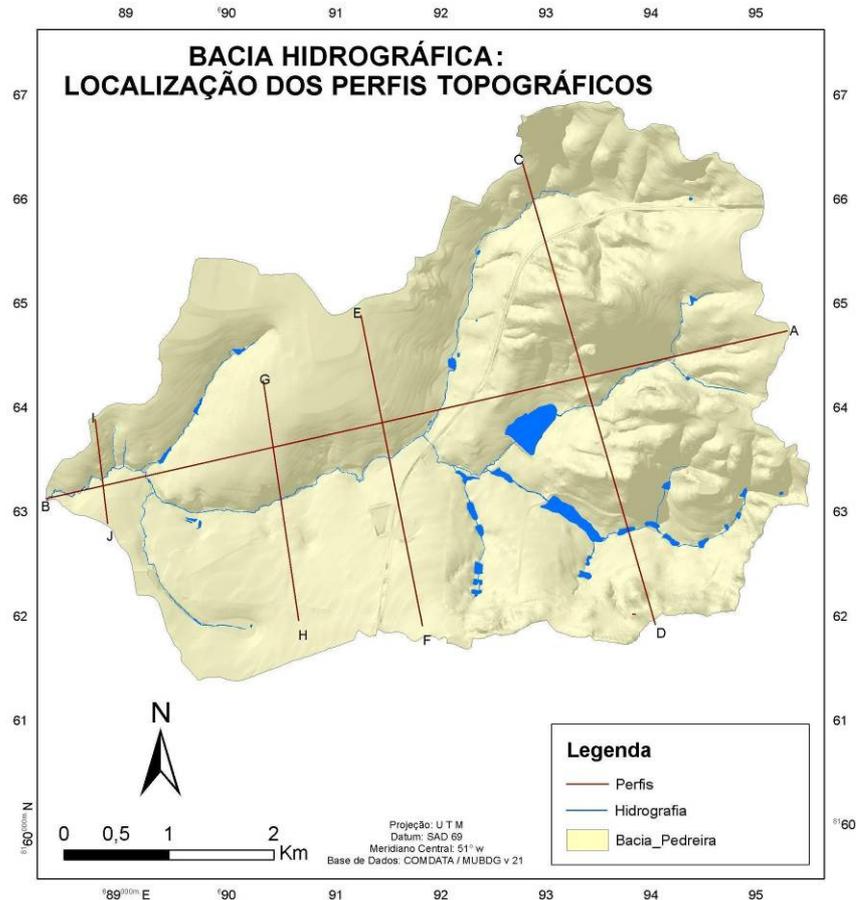


Figura 19 - Mapa de localização dos perfis topográficos na bacia do córrego Pedreira, Goiânia - GO.

O perfil longitudinal AB (Figura 20) é o perfil do canal de drenagem paralelo a linha que aparece no mapa (Figura 19), segue da nascente, a leste da bacia, até a confluência. Em relação aos perfis transversais (Figuras 21, 22 e 23), um corta transversalmente o compartimento leste, onde se tem o relevo mais movimentado da área, outro localiza-se após a confluência dos córregos Bálamo e Pião para formar o córrego Pedreira. O perfil GH encontra-se na área onde ocorre o maior número de eventos de inundação com vítimas e o perfil IJ foi posicionado próximo à confluência do córrego Pedreira com o ribeirão João Leite.

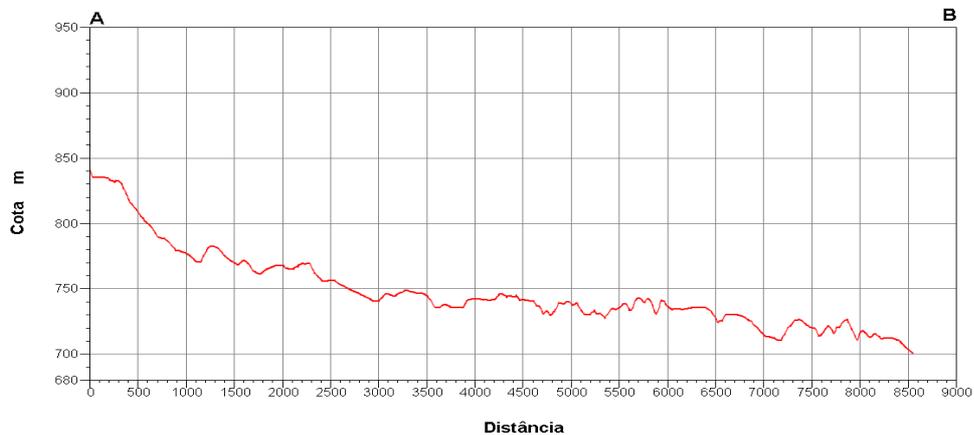


Figura 20 - Perfil longitudinal da drenagem AB

Em relação ao perfil AB longitudinal do córrego Pedreira (figura 20), até a passagem do perfil pelo vale do córrego Bálamo, o relevo é mais movimentado e em altitudes que superam os 840m, após essa passagem o relevo se torna mais suave. Próximo à confluência do córrego Pedreira com o ribeirão João Leite, apresenta cotas próximas a 700m.

O perfil transversal CD (Figura 21A) localiza-se no compartimento leste da bacia e corta os cursos d'água dos córregos Bálamo, Matão e Pião, respectivamente no perfil. Como pode ser observado, o vale do córrego Bálamo é fechado, porém não é tão encaixado quanto os vales do Matão e do Pião, que apresentam vale em V mais encaixados, porção do relevo em que predomina a erosão. Já o perfil transversal EF (Figura 21B) localiza-se no compartimento oeste da bacia e representa o córrego Pedreira após a confluência dos córregos Bálamo e Pião. Nesse local o vale do córrego Pedreira é assimétrico. Sua forma ainda é a de um V, porém agora mais aberto do que o anterior, aumentando a abertura do vale ao se aproximar da confluência.

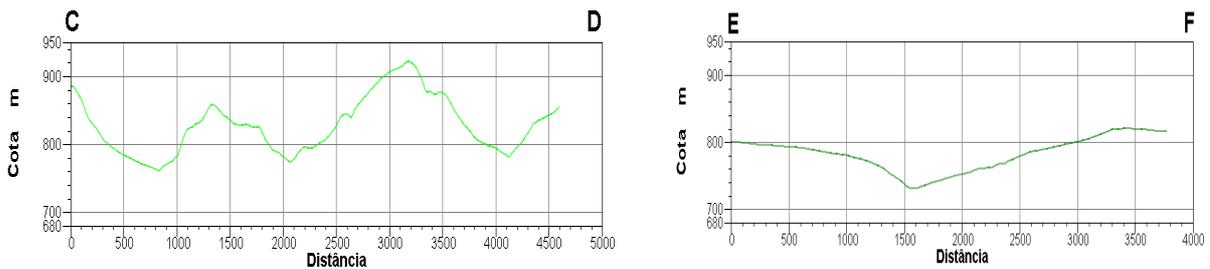


Figura 21 A e B - Perfis Transversais CD e EF

O perfil transversal GH (Figura 22) ilustra a área de maior ocorrência de inundações. Pode-se perceber neste perfil que o vale do córrego Pedreira apresenta-se em forma de V aberto e assimétrico. Apresenta na margem sul (lado direito do perfil) uma suave inclinação, com uma continuidade quase retilínea. A margem norte por sua vez apresenta forte declividade próximo à drenagem e variações ao longo do perfil. Não coincidentemente, é na margem sul que ocorrem as inundações. Isso porque as águas extravasam mais para a margem que lhe oferece menor resistência.

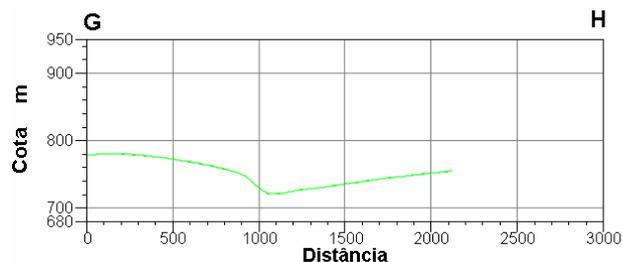


Figura 22 - Perfil transversal GH

No mapa de declividades apresentado ainda nesse capítulo, a assimetria do vale se confirma. Os valores que podem ser observados mostram que a margem norte é a mais inclinada e a margem sul do córrego Pedreira tem inclinação mais suave.

O perfil transversal IJ (Figura 23) mostra o baixo curso do córrego Pedreira onde agora o vale se abre quase que completamente. A assimetria ainda existe, porém agora com menores diferenças entre as altitudes e declividades de cada margem. Essa área não é mais tão propícia à erosão e sim à deposição dos sedimentos transportados pelo curso d'água até aqui. Caso essa área venha a ser ocupada, a população sofrerá com inúmeros eventos de inundação, por ser essa uma área de confluência.

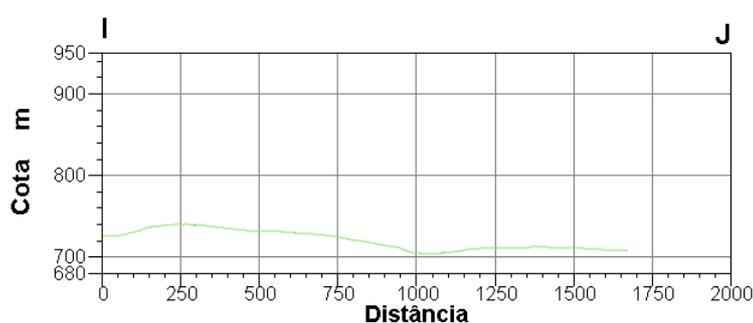


Figura 23 - Perfil transversal IJ

Outro parâmetro morfométrico analisado na bacia, que também é um dos fatores relacionados às inundações, são as declividades do terreno que expressam a inclinação da vertente em relação ao plano horizontal e podem ser medidas em graus ou porcentagens (CUNHA, 1991). A declividade, como um parâmetro que quantifica a inclinação do terreno, influencia as condições de velocidade da água de escoamento superficial. Quanto maior a declividade de um terreno, maior a velocidade da água e, conseqüentemente, quanto menores as declividades do terreno, maior a probabilidade de infiltração em condições naturais. Logo, a declividade exerce grande influência sobre a velocidade do escoamento superficial, afetando, portanto, o tempo que a água da chuva leva para concentrar-se nos leitos fluviais (JORGE e UEHARA, 1998). 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.

A importância deste parâmetro, no que diz respeito aos riscos ambientais, fez com que fosse incorporada à lei do parcelamento do solo urbano (BRASIL, Lei n. 6.766). No art. 3º, parágrafo único, fica explícito que não será permitido o parcelamento do solo em terreno com declividade igual ou superior a 30%, salvo se atendidas as exigências específicas das autoridades competentes.

Na bacia hidrográfica do córrego Pedreira podem ser encontradas tanto declividades com valores próximos a 0 %, o que denota relevo bastante suave, ou mesmo plano; quanto valores próximos de 45 % que representa, por sua vez, um relevo bastante dissecado (Figuras 24 e 25).



Figura 24 - exemplo de local com relevo suave. Porção centro-norte da bacia, próximo ao bairro Vale dos Sonhos.



Figura 25 - Exemplo de local com relevo dissecado. Porção leste da bacia, próximo ao condomínio Aldeia do Vale.

Assim como ocorre com as altitudes, as altas declividades também se concentram na porção leste da área. De forma geral as declividades encontradas na área (Figura 26) 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%. Segue-se uma análise mais detalhada da distribuição das declividades na bacia do córrego Pedreira.

A porção leste da bacia apresenta as mais elevadas declividades. Predominam nessa área declividades superiores a 20%. Na parte sul desse compartimento leste foi implantado o condomínio fechado, onde é possível verificar que a maioria das declividades está no intervalo entre 8 a 12 % e de 12 a 20 %. Mesmo nesse local são identificados valores superiores a 30 %. As demais áreas desse compartimento têm predomínio de vertentes com declividade que variam de 20 a 30 % e de 30 a 45 %. Próximo da área de confluência do córrego Bálamo com o córrego Pião, os valores das declividades estão em torno de 12 a 20 % e de 20 a 30 %. As vertentes do córrego Pião e seus afluentes e do córrego Bálamo tem pequenos comprimentos de rampa, não superiores a 1000m.

No compartimento oeste pode-se observar que as vertentes da margem norte apresentam na sua parte superior (alta vertente) valores de declividades baixos, entre os intervalos de 0 a 8 %. Esses valores crescem em direção às baixas vertentes, nas quais são

encontradas declividades acentuadas, próximo aos cursos d'água, com valores maiores que 30%, configurando um córrego encaixado, com formas de vale em V. Já as vertentes relacionadas à margem sul dessa porção oeste são suaves, com declividades inferiores a 12 %, com maior área no intervalo de 3 a 8 %.

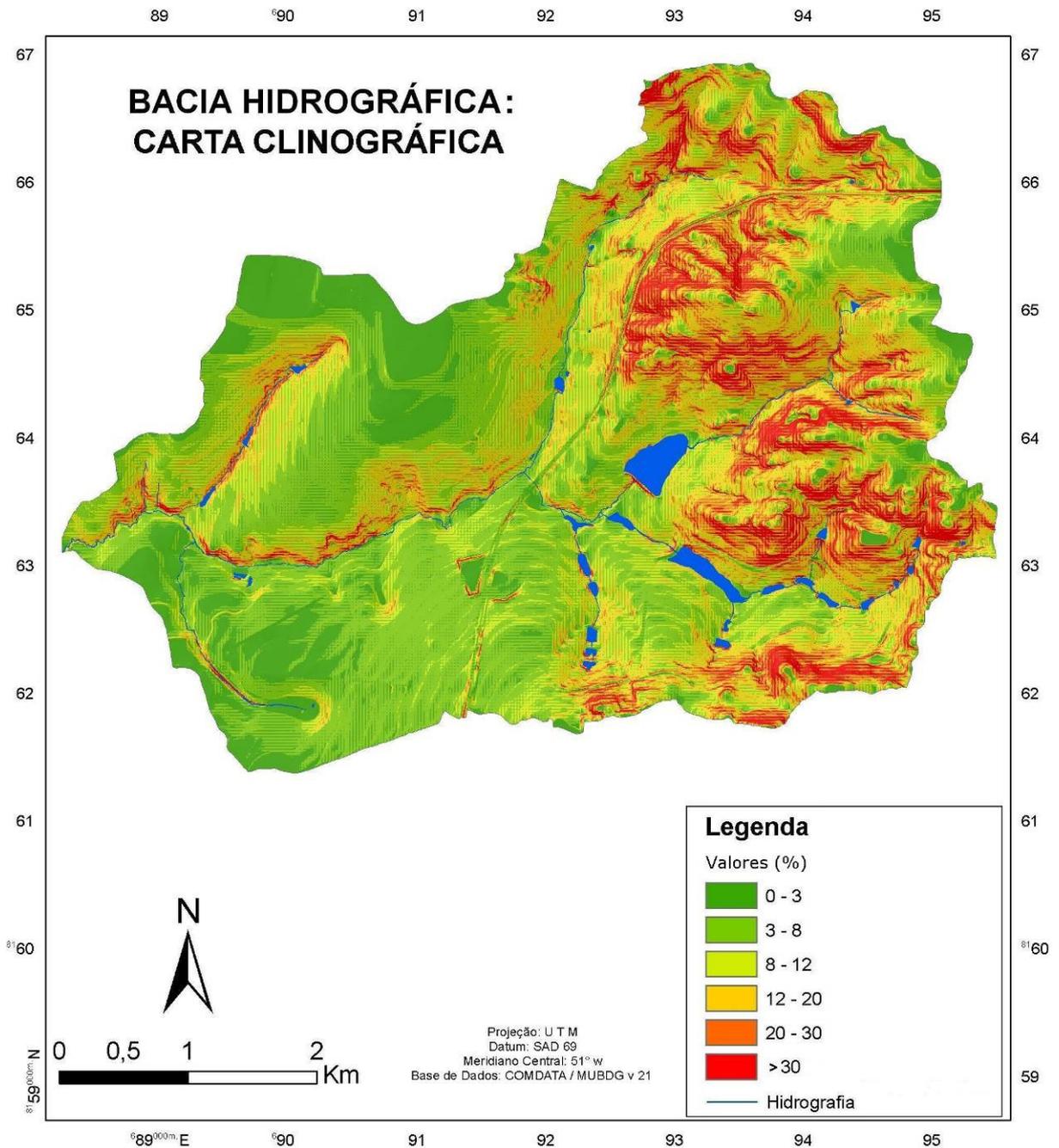


Figura 26 - Declividades na bacia do córrego Pedreira.

Já nas proximidades da confluência com o ribeirão João Leite ocorrem declividades baixas, com predominância do intervalo de 3 a 8 %. A exceção nessa porção da bacia são as áreas bordejantes às drenagens, as quais apresentam declividades com valores maiores, continuando nessa porção do terreno a tendência de vale assimétrico. Declividades

destoantes da maior parte dessa área da bacia ocorrem no afluente do córrego Pedreira, próximo à foz que deságua em sua margem norte. Esse tributário apresenta declividades superiores a 12 %, com a ocorrência de valores maiores que 30%. No caso do córrego Guanabara, os locais com altas declividades ocorrem em menor proporção, mantendo assim a tendência da porção sul, em relação ao córrego Pedreira, de apresentar menores valores do que os encontrados na porção norte.

Na análise da carta clinográfica foram observadas na margem esquerda do córrego Pedreira, na altura do Jardim Guanabara II, duas reentrâncias, marcadas no relevo pela mudança de declividade e pela presença de duas vertentes côncavas bem definidas nesse local, observadas no mapa (Figura 26) e em campo. Chegou-se à conclusão de que uma delas coincide com o local de ocorrência de inundações no Jardim Guanabara II, onde foi identificada em campo uma vertente côncava em planta. A outra coincide com a área não parcelada que fica ao lado desse bairro, que nas observações de campo foi classificada como uma várzea.

Como visto anteriormente, a curvatura do relevo apresenta indicativos para explicação das ocorrências de inundações. A curvatura (forma da vertente em planta e/ou em perfil) conduz a análise do direcionamento e concentração dos fluxos numa vertente, e leva a compreensão do comportamento desses na bacia hidrográfica.

No que diz respeito à forma em perfil (curvatura vertical) as vertentes podem ser côncavas, convexas ou retilíneas (Figura 27). Raramente elas apresentam, ao longo de seu perfil, uma única forma e, geralmente, contém segmentos de formas diferentes (MOREIRA & PIRES NETO, 1998). As vertentes também podem ser caracterizadas por sua forma em planta (curvatura plana ou horizontal), como côncavas, convexas e retilíneas. Combinando a forma em planta com a forma em perfil, têm-se nove tipos de vertentes (GUERRA, 2003).

As vertentes côncavas em planta concentram o fluxo do escoamento superficial. Vertentes de forma convexa em planta provocam divergência do escoamento (SILVA et al. 2003). Portanto as vertentes mais problemáticas no caso de inundações e/ou alagamentos são as côncavas em planta, por concentrarem fluxos.

Associada à exposição das vertentes, a curvatura em perfil desempenha papel importante sobre a evapotranspiração e o decorrente balanço hídrico (VALERIANO, 2003). Nesse último tipo de curvatura tem-se migração de fluxo para as vertentes convexas e acúmulo para as vertentes côncavas. Mais uma vez as vertentes côncavas aparecem como mais problemáticas, considerando o objetivo deste estudo

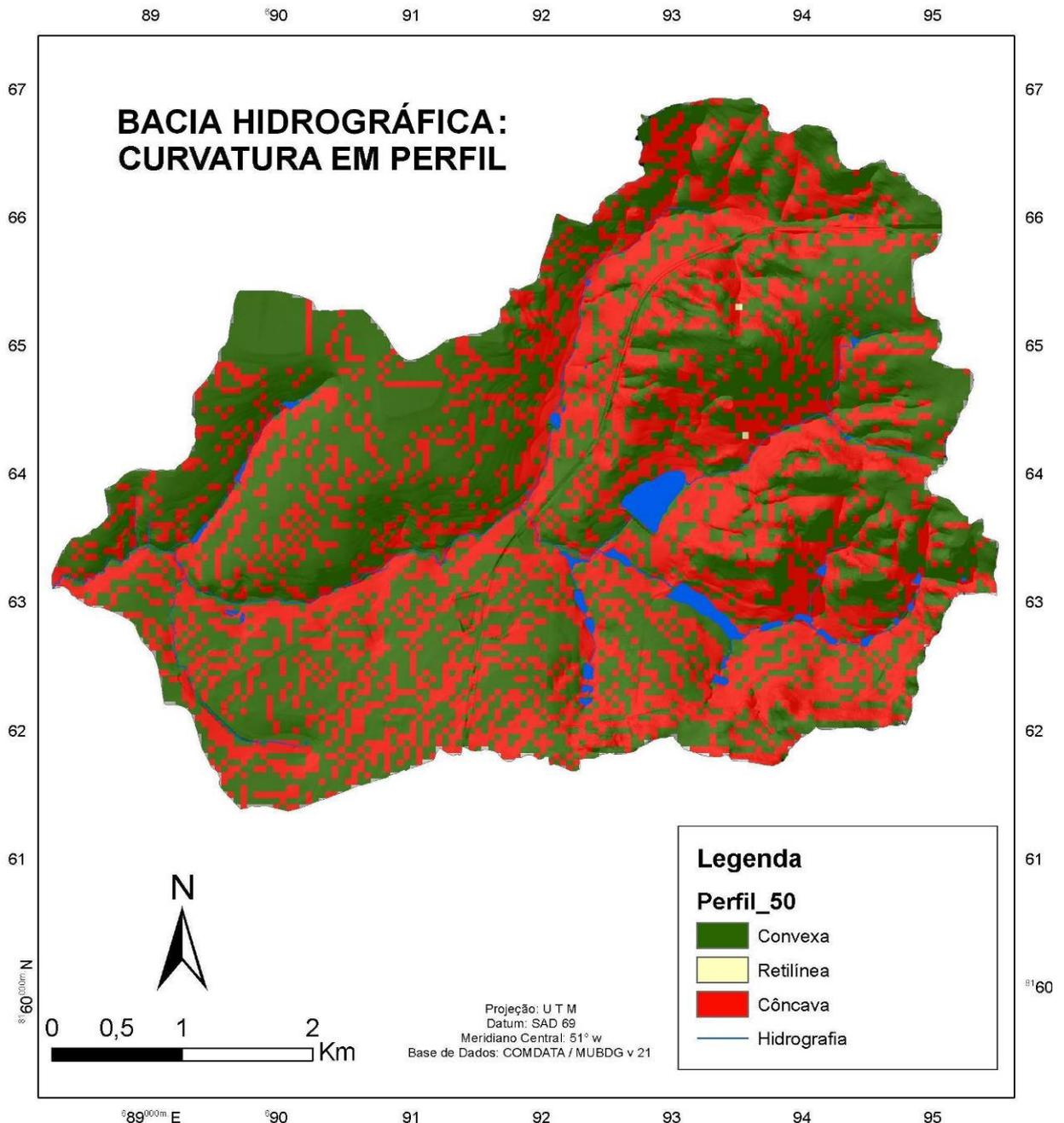


Figura 27 - Mapa de curvaturas em perfil da bacia do córrego Pedreira. Com resolução de 50 m.

As curvaturas em perfil podem ser correlacionadas aos processos de erosão e deposição de material, associados à aceleração ou desaceleração do fluxo de água superficial. Na curvatura em perfil convexa, a tendência é a aceleração do fluxo em direção às partes mais baixas e a desaceleração no caso de curvaturas em perfil côncavas. Essas estão relacionadas, ainda, aos processos de migração e acúmulo de água, minerais e matéria orgânica no solo através da superfície, proporcionados pela gravidade.

O mapa de curvatura em perfil (Figura 27) mostra que na porção oeste da bacia do córrego Pedreira há maior homogeneidade na distribuição dos segmentos côncavos e convexas, em menor proporção aparecem segmentos retilíneos. Há ainda um predomínio de

vertentes convexas nas margens do córrego Pedreira numa faixa que acompanha praticamente todo o curso do canal de drenagem. Essa tendência se desfaz quando se trata da margem esquerda, onde os segmentos côncavos se destacam. Já na porção leste da bacia há predomínio de segmentos côncavos. As curvaturas apresentam-se de forma combinada no relevo, como pode ser observado no bairro João Paulo II, onde aparece um segmento de vertente convexo (Figura 28), seguido por um segmento côncavo (Figura 29). Em alguns locais, quanto à curvatura do perfil, há algumas porções das vertentes com segmentos predominantemente côncavos próximos à drenagem, o que indica concentração de fluxo.



Figura 28 - Vertente convexa no bairro João Paulo II, localizado à norte do córrego Pedreira.



Figura 29 - Segmento côncavo da vertente. Continuação da mesma vertente mostrando segmento côncavo logo após o segmento convexo.

O mapa de curvaturas planas (Figura 30) mostra que na bacia há predomínio de vertentes convexas na porção leste, que é a de relevo mais movimentado da bacia. As vertentes côncavas nessa área mostram as áreas de concentração de fluxo. Essas porções são representadas pelas cabeceiras de drenagem e por segmentos de vertente que formam alinhamentos preferenciais de escoamento de fluxo. Percebe-se então que, na bacia do córrego Pedreira, os interflúvios tendem a ser convexas e as concavidades estão ligadas aos canais de drenagem, seja na forma de cabeceiras de drenagem, cursos d'água intermitentes ou mesmo de segmentos que vertem o fluxo concentrado na vertente para o canal principal.

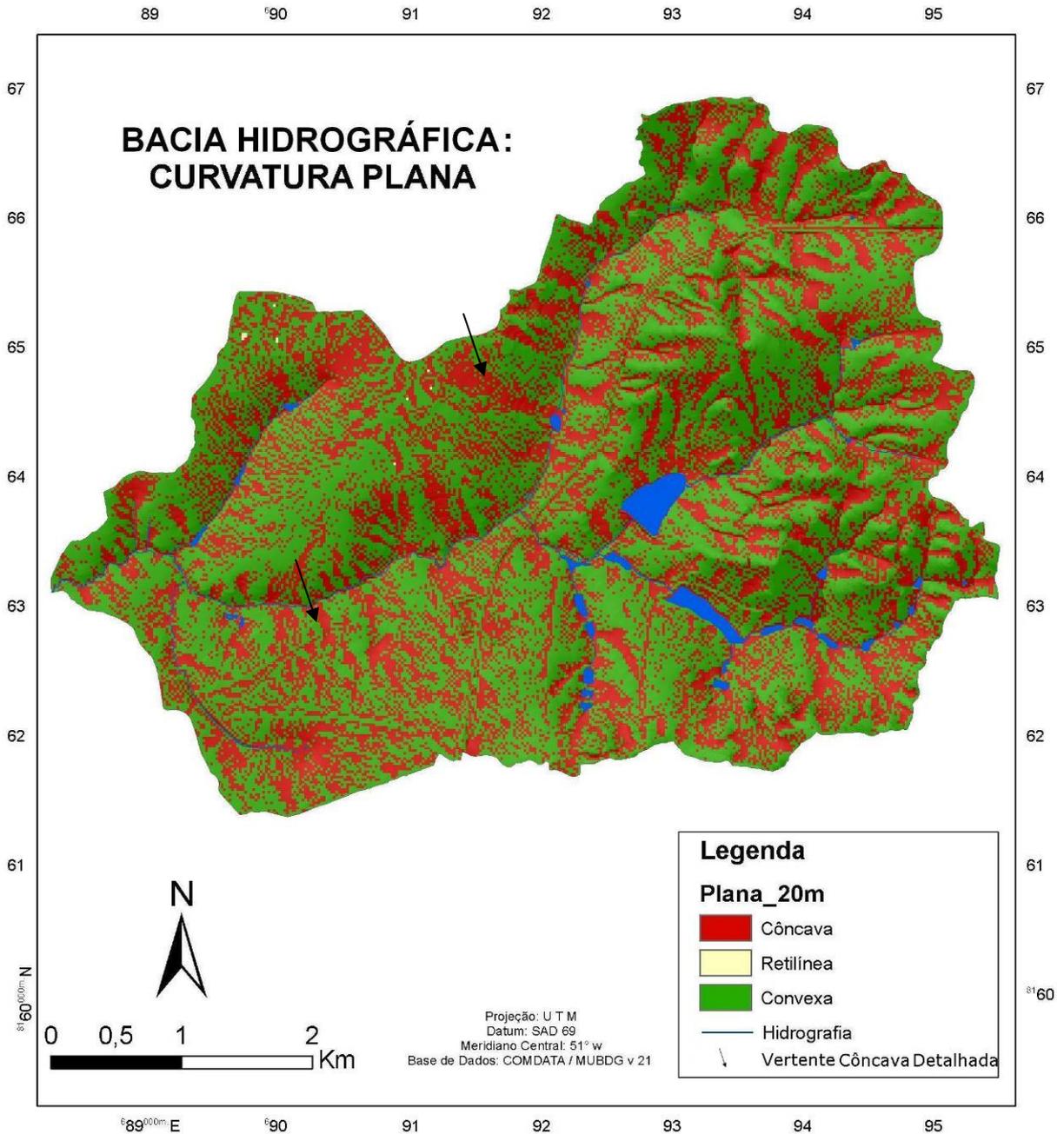


Figura 30 - Mapa de curvaturas planas da bacia do córrego Pedreira. As setas mostram vertentes côncavas que são apresentadas em detalhe das Figuras 31 e 32. Com resolução de 20 m.

Na porção oeste da bacia as vertentes côncavas são mais expressivas em relação às convexas do que na parte leste da bacia. Nessa porção da bacia pode-se observar que nas margens do córrego Pedreira as vertente côncavas em planta coincidem com as vertentes côncavas em perfil, principalmente nas proximidades da área que sofre com as inundações. Isso mostra que há grande concentração de fluxo para essa área. Quando em perfil a água perde velocidade na parte mais baixa (vertente côncava em perfil), há acúmulo de água e materiais nessa porção.



Figura 31 - Segmento côncavo na vertente do córrego Bálamo, identificado no mapa pela seta mais ao norte do mapa de curvatura plana.



Figura 32 - Segmento côncavo na vertente sul do córrego Pedreira identificado pela seta mais ao sul do mapa de curvatura plana.

4.5 Solos

A identificação e caracterização dos tipos de solo representados no mapa (Figura 33) apresentado para a bacia do córrego Pedreira são baseadas na análise apresentada no Diagnóstico Hidrogeológico da Região de Goiânia, realizado por Campos *et al.* (2003), o qual explica que a classificação usada como base de referência para o estudo foi o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, desenvolvido pela EMBRAPA (1999), utilizando apenas dois níveis categóricos e não os seis níveis com os quais conta a referida classificação. Os solos que ocorrem na bacia do córrego Pedreira são Latossolo Vermelho, Nitossolo Vermelho, Neossolo Flúvico e Gleissolo, descritos a seguir.

Latossolo - Nesta classe os solos apresentam o horizonte B latossólico, em avançado estágio de intemperismo, sendo assim muito evoluídos. Em geral são compostos por quantidades variáveis de óxidos de ferro e alumínio, argilas com estrutura mineral 1:1, quartzo e outros minerais resistentes ao intemperismo, apresentando baixa capacidade de troca catiônica. Em perfis, a diferenciação entre a seqüência de horizontes A, B e C é pouco evidente, sendo que a espessura total do *solum* pode superar 20 m. Em termos de capacidade de infiltração, esses solos, em geral, variam de fortemente a bem drenados. Em geral, esses solos são extremamente ácidos, com baixa saturação por bases, distróficos ou álicos, sendo a cobertura por cerrados a principal fase natural de recobrimento. As eventuais manchas de cerradão ou matas mesofíticas encontradas são relacionadas a clímax hídrico (maior disponibilidade de água que nas zonas adjacentes) (CAMPOS *et al.*, 2003).

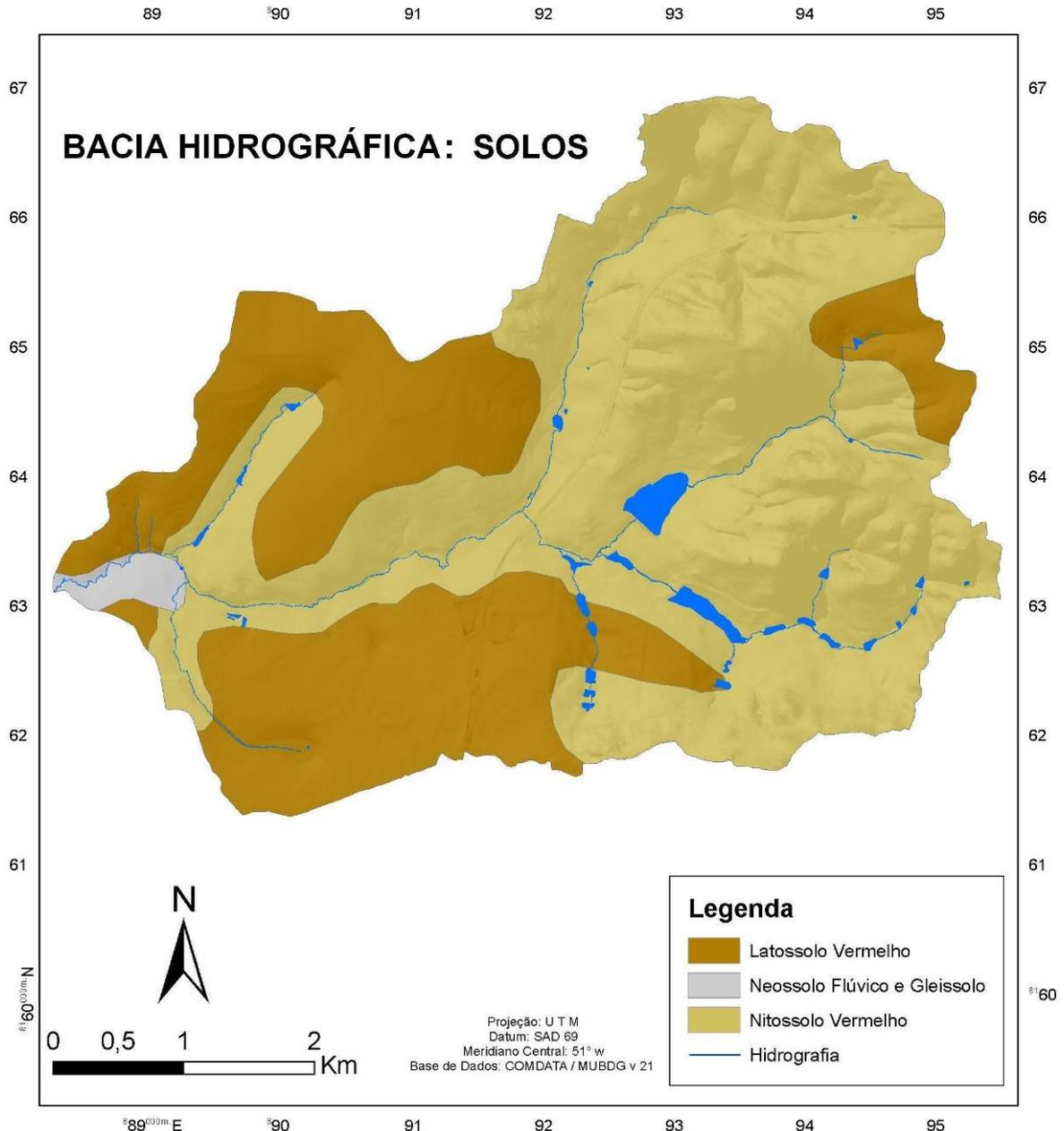


Figura 33 - Mapa de solos da bacia hidrográfica do córrego Pedreira. Escala do mapa original, de 1:50.000. Fonte: Campos *et al.* (2003).

Nitossolo Vermelho (NV) - Os nitossolos compreendem solos espessos e bem drenados com horizonte B nítico, estruturação moderada a forte e superfície dos agregados reluzente, relacionada à cerosidade. Esta classe engloba solos com incremento no teor de argila requerido para o horizonte B textural. Em geral, são solos moderadamente ácidos a álicos, com saturação por bases variando de baixa a alta, com composição caulínica-oxídica e, por conseguinte, apresentando argila de baixa atividade. Na região de Goiânia são encontrados nitossolos vermelhos, recobrendo as unidades máfico-ultramáficas do Complexo Anápolis-Itaçu, e associados aos relevos ondulados a forte ondulados do Planalto Dissecado. Os tipos de coberturas vegetais características desta classe são as matas mesofíticas e as

manchas de cerradão (CAMPOS *et al.*, 2003). A área do parque ecológico e os resquícios de mata preservada no condomínio fechado encontram-se nesse tipo de solo.

Neossolo Flúvico - Estes solos são derivados de sedimentos aluviais constituídos de camadas estratificadas, sem relação pedogenética entre si (Figura 34). Os neossolos flúvicos por vezes aparecem associados a manchas de gleissolos. A vegetação típica é caracterizada por matas galerias (CAMPOS *et al.*, *op.cit.*).

Gleissolos - São solos com deficiência de drenagem, com perfil profundo, geralmente ricos em matéria orgânica e presentes apenas em manchas junto a nascentes ou ao longo dos cursos das drenagens. Ocorrem sempre em associação com os neossolos flúvicos, contudo, ao longo de certos córregos esta classe de solo apresenta ampla dominância. Quando permanentemente saturados, estes solos apresentam apenas vegetação de gramíneas e arbustos especificamente adaptados. Quando a propriedade de hidromorfismo é atenuada, podem-se observar faixas estreitas ao longo das drenagens, recobertas por vegetação arbustiva típica das matas ciliares (Figura 35). Em função da propriedade hidromórfica (sazonal ou permanentemente saturados), do elevado risco de inundação e da elevada plasticidade destes solos, suas faixas de ocorrência nunca devem ser ocupadas para qualquer finalidade. A melhor alternativa de uso destes terrenos é sua destinação para áreas de proteção ambiental, mesmo porque grande parte de sua faixa de distribuição já integra áreas de proteção permanente (matas galerias e mananciais) (CAMPOS *et al.*, *op.cit.*).



Figura 34 - Neossolo flúvico - O perfil exposto de solo observado em campo mostra as camadas de deposição de material flúvico.



Figura 35 - Gleissolo - Solo retirado das proximidades do córrego Pedreira já próximo à confluência com o ribeirão João Leite.

4.6 O meio físico e as inundações

A partir do exposto, considera-se que na bacia do córrego Pedreira vários fatores têm colaborado para a ocorrência de inundações, muitos desses fatores do meio físico. Como exemplo disso podem ser citados a alta declividade nas porções superiores da encosta, a

rugosidade do relevo, as variações hipsométricas, o clima com chuvas concentradas em determinados meses, a tendência à concentração de fluxo em alguns segmentos côncavos da bacia, entre outros. Como demonstrado na tabela 08, essas características físicas somadas à forma da bacia, favorecem um afunilamento do fluxo. Assim, vê-se que, considerando as características físicas, essa bacia tem tendência natural às inundações.

Tabela 08 - Comparação entre os compartimentos leste e oeste da bacia.

Bacia do córrego Pedreira	Compartimento leste	Compartimento oeste
Rede hidrográfica	Maior densidade de rios.	Menor densidade de rios.
Densidade de drenagem	Alta	Baixa
Geologia	Granulitos paraderivados.	Granulito anfibólito.
Clima	Tropical semi-úmido (2 estações bem definidas)	Tropical semi-úmido (2 estações bem definidas)
Geomorfologia	Planalto dissecado de Goiânia e fundos de vale	Planalto embutido de Goiânia e fundos de vale
Hipsometria	Apresenta altitudes que ultrapassam 1000 metros em um relevo bastante movimentado.	Apresenta altitudes que variam entre 600 e 800 m em um relevo suavizado.
Declividades	Na cabeceira e divisores de água as declividades são altas, superando inclusive os 30 %, chegando a valores próximos a 45%.	Na média e baixa bacia encontra-se variação de 0 a 8 %, nas áreas bordejantes às drenagens as declividades ficam em torno de 30 %.
Curvatura em perfil	Há predomínio de segmentos côncavos.	Na escala adotada apresenta maior homogeneidade na distribuição dos segmentos côncavos e convexos.
Curvatura plana	Os interflúvios tendem a ser convexos e as concavidades estão ligadas aos canais de drenagem.	Na porção oeste da bacia as vertentes côncavas são mais expressivas em relação às convexas.
Solos	Predominância de Nitossolo Vermelho.	Predominância de Latossolo Vermelho, com faixa de Nitossolo Vermelho e em menor proporção Neossolo Flúvico e Gleissolo.

Fonte: Elaborado pela autora.

Logo, a existência de dois compartimentos distintos é explicada pela nítida separação entre as características geológicas, que também são evidenciadas no mapa entre a porção leste e oeste da bacia. A leste predominam granulitos paraderivados e a oeste granulitos anfibólitos.

A relação que há entre a geologia e a ocorrência de inundações é indireta, pois é a partir da geologia que se compreende a formação do relevo e a de outras características físicas da bacia. É a partir do substrato geológico que se formam ainda as características morfológicas da bacia.

A geomorfologia confirma a existência de dois compartimentos na bacia, a leste a geomorfologia foi classificada como planalto dissecado de Goiânia e a oeste como planalto

embutido de Goiânia, os fundos de vale aparecem em ambos os compartimentos, porém com maior extensão no oeste, isso ocorre no médio e baixo curso do córrego Pedreira e em seus afluentes mais próximos à confluência com o ribeirão João Leite.

As vertentes convexas nos topos dos morros da porção leste da área favorecem a dispersão de água dessa porção do relevo. A mesma se concentra nas vertentes côncavas que direcionam esse fluxo aos canais de drenagem. Quanto às curvaturas em perfil dessa mesma porção do relevo, percebe-se que nessa área predominância de curvaturas côncavas e portanto uma tendência a concentração de fluxos, preferencialmente próximo aos canais de drenagem. Além disso, a alta declividade na alta bacia (porção leste) proporciona rápido escoamento do fluxo concentrado pela forma das vertentes.

Na porção oeste há maior presença de vertentes côncavas em planta, principalmente na margem sul do córrego Pedreira, isso ocorre em áreas de baixa declividade. Assim essas vertentes funcionam como canais temporários de escoamento. Na porção norte desse compartimento, o escoamento é mais rápido mesmo em vertentes concentradoras de fluxo isso se dá pelas declividades mais acentuadas encontradas nessa área.

Há no compartimento leste o maior número de canais de drenagem, o que facilita o escoamento do fluxo em casos de precipitações extremas. O canal principal recebe, portanto a contribuição de todos os demais, somado ao escoamento que vem diretamente das vertentes.

Percebe-se então que o córrego Pedreira tem, além da assimetria do vale, diferenças entre as margens também relacionadas às curvaturas, sendo as curvaturas em perfil da margem sul na sua maioria côncavas, e da margem norte, convexas.

No compartimento leste predominam os Nitossolos, em oposição ao oeste onde predominam os Latossolos, que são mais bem drenados. Isso faz com que no compartimento leste haja favorecimento do escoamento quando comparado ao compartimento oeste. Em relação à ocupação, com a impermeabilização esse cenário se modifica.

4.7 Suscetibilidade às inundações e aos alagamentos

Para facilitar a compreensão deste tópico faz-se necessário distinguir os termos alagamento e inundação. Alagamentos ocorrem em áreas distantes dos canais, em terrenos com ocupação antrópica e baixo coeficiente de escoamento superficial. As inundações, por sua vez, são causadas por transbordamento dos canais fluviais (SOUZA, 2004).

A suscetibilidade na bacia do córrego Pedreira foi dividida em duas classes, alta e baixa, segundo dois eventos: inundação e alagamento. Para as inundações foram considerados todos os cursos d'água permanentes da bacia, classificados numa faixa longitudinal ao longo

da drenagem, que varia nos valores de largura de acordo com as características naturais do relevo. Para classificação da suscetibilidade a alagamentos foi considerada apenas a área que atualmente é ocupada por usos urbanos.

A área de captação de fluxo do escoamento superficial, que é direcionado para determinado ponto do canal de drenagem durante ocorrência de precipitações, tornam essas áreas bastante suscetíveis, pois esse fluxo aumenta a vazão de pico. Em áreas de confluência, pela junção de fluxo e pelo remanso, a probabilidade de ocorrência desses eventos é conseqüentemente maior. Além disso, a forma da bacia também favorece a ocorrência de inundações em determinados pontos. No caso da bacia em estudo, a forma triangular contribui para a ocorrência das inundações no baixo curso.

Os tipos de solo também podem contribuir para o aumento da suscetibilidade à ocorrência das inundações. O Latossolo, em termos de capacidade de infiltração variam de fortemente a bem drenados, os nitossolos compreendem solos bem drenados, já os Gleissolos são solos com deficiência de drenagem. Portanto, a suscetibilidade é maior em áreas com Gleissolos do que nas demais.

Os locais com baixa declividade, vertentes côncavas, localizados nos fundos de vale e os que possuem planícies, foram considerados de alta suscetibilidade à inundação, isso porque esses fatores contribuem para a concentração de fluxo. Já os locais que não apresentam a combinação de duas ou mais dessas características foram considerados como de baixa suscetibilidade, com exceção da planície de inundação que por si só já indica que o local é propício à ocorrência de inundações. Quando o relevo é movimentado as áreas consideradas mais propícias à ocupação são as planas e mais baixas, justamente aquelas que apresentam alto risco de inundação (TUCCI, 2003b).

A suscetibilidade aos alagamentos em área urbana foi classificada como alta e baixa, sendo consideradas muito suscetíveis aquelas áreas onde ocorrem baixas declividades, com vertentes côncavas e/ou retilíneas, pois na primeira há concentração do fluxo e na segunda ocorre menor facilidade para a água escoar rapidamente. Cabe ressaltar que as áreas de alagamentos ocorrem em maior proporção, pois não estão necessariamente relacionadas à dinâmica fluvial e sim à pluvial, podendo, no entanto ocorrer os dois fenômenos de forma conjunta. Esse fato foi relatado por moradores durante a realização de entrevistas, os mesmos ressaltaram que a água que escoar nas enxurradas vindas dos bairros adjacentes invade as casas pela frente dos lotes enquanto as águas que transbordam do córrego invadem as casas pelo fundo dos lotes, que ficam voltados para o canal de drenagem.

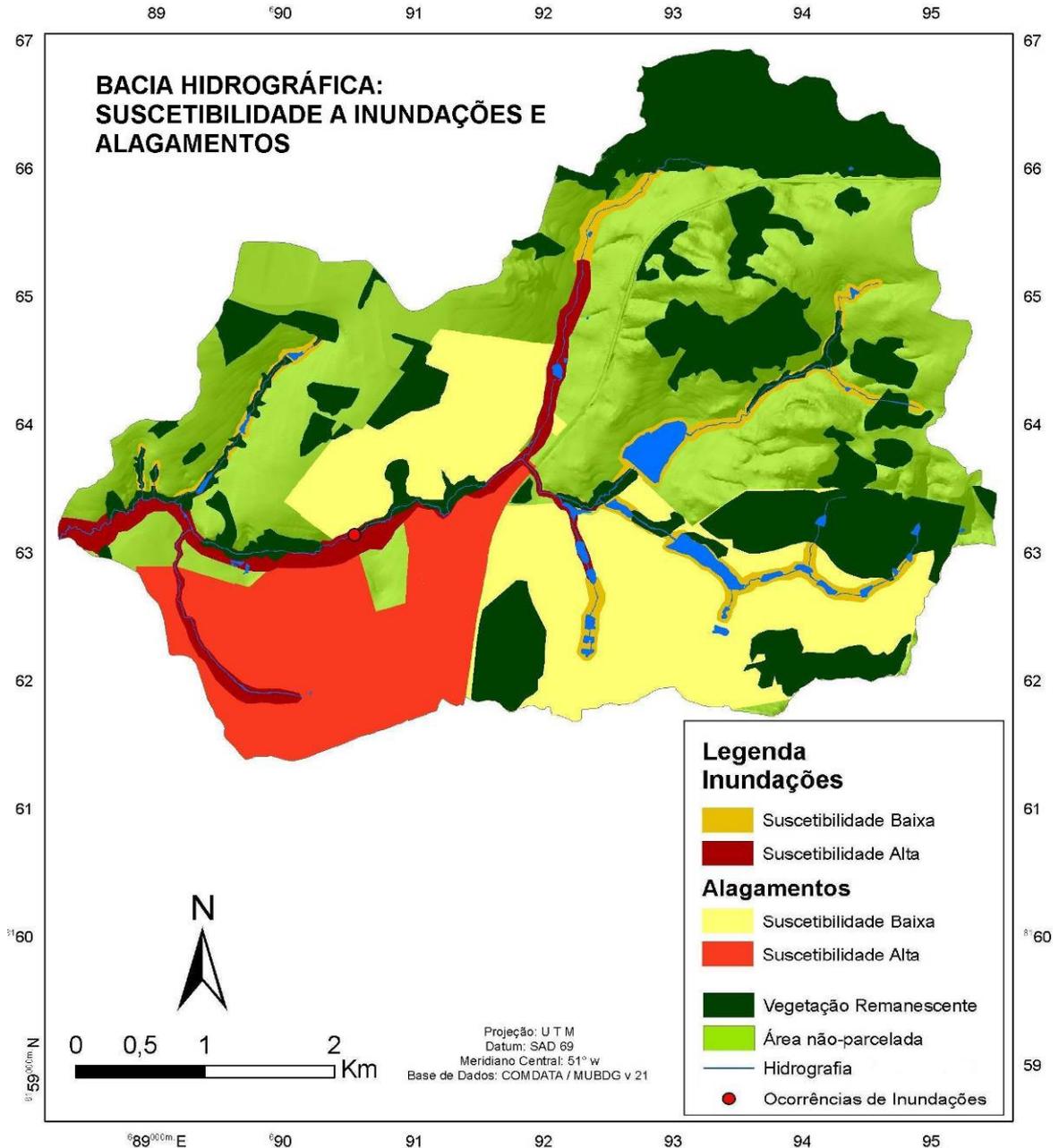


Figura 36- Suscetibilidade às inundações e aos alagamentos na bacia hidrográfica do córrego Pedreira.

No mapa (figura 36) que mostra a suscetibilidade natural das áreas ocupadas à ocorrência de inundações e alagamentos, percebe-se que no compartimento leste da bacia a suscetibilidade às inundações é baixa. Isso se deve à diferença altimétrica entre a cabeceira das drenagens e a proximidade das suas respectivas confluências, além dessa inclinação do curso d'água, as vertentes também apresentam altas declividades, o que contribui para que a água deixe rapidamente esse compartimento. Além disso, nesse compartimento os vales são encaixados e não foram identificadas planícies de inundação.

Os locais com alta suscetibilidade às inundações foram identificados predominantemente no córrego Pedreira e Guanabara, aparecendo também no córrego

Bálsamo que foi considerado o principal afluente do córrego Pedreira, isso porque é o que apresenta maior fluxo. Para definir tal suscetibilidade foi considerada a existência de planície de inundação, a forma do vale, que à medida que se aproxima da baixa bacia torna-se mais aberto, a concentração de fluxo advindo das áreas a montante e das vertentes que apresentam concavidades nas proximidades dos cursos d'água e, portanto concentram o fluxo em determinados pontos. Além desses fatores foram considerados os acidentes ocorridos na bacia. No mapa aparece o principal ponto de inundação, esse foi destacado em todo o trabalho porque é o que apresentou vítimas nos eventos de inundação que ocorreram, no entanto a jusante desse ponto ocorre, em outros locais, extravasamento do fluxo, configurando inundações. Os indícios, desses outros pontos de ocorrência de inundação foram observados em campo e confirmados pelos moradores da região.

A suscetibilidade baixa aos alagamentos aparece nos bairros localizados no compartimento leste da bacia e na porção sul do córrego Pedreira, onde as altas declividades num relevo acidentado favorecem o escoamento. Também se enquadram nessa classificação os bairros localizados a norte do córrego Pedreira, onde as declividades são altas em vertentes com forma predominantemente convexa em perfil. Os locais com alta suscetibilidade foram identificados nos bairros da porção sul do compartimento oeste, onde as baixas declividades ocorrem em vertentes longas e de formas predominantemente côncavas.

Observando esses aspectos pode-se concluir que a bacia do córrego Pedreira possui suscetibilidade à ocorrência de inundações em vários pontos ao longo dos cursos d'água. Ao analisar os fenômenos naturais como parte da dinâmica dos processos superficiais, percebe-se que não existe um ou outro fator responsável pela ocorrência do evento, existe sim um conjunto de fatores interligados que desencadeiam os eventos. Esses fatores interferem com maior ou menor grau de intensidade para a ocorrência desse fenômeno, porém o que determina o risco que esse fenômeno oferece à população é a própria ocupação.

A partir da observação das características do meio físico, 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, outros contribuem para o aumento e concentração do escoamento superficial, intensificando os fenômenos naturais. 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 apresenta em algumas porções altos níveis de impermeabilização, como é discutido no próximo tópico.

5 OCUPAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO PEDREIRA

O ciclo hidrológico natural é constituído por diferentes processos físicos, químicos e biológicos. Quando o homem torna-se parte desse sistema e se concentra no espaço, produz grandes alterações que modificam esse ciclo e trazem consigo impactos significativos (muitas vezes de forma irreversível) para o próprio homem e para a natureza (TUCCI, 2003a). A forma como o homem entra nesse sistema, ou seja, a forma como ele ocupa o espaço, leva a diferentes níveis de impactos.

A urbanização altera o balanço hídrico e gera inúmeros impactos ambientais, os quais podem ser minimizados pelo planejamento de sistemas de drenagem: quanto maior for a compreensão entre as relações espaço urbano / ciclo hidrológico maior será o potencial do planejamento em minimizar os impactos (PARKINSON *et al*, 2003).

Foi um erro muito comum no passado a consideração do cenário populacional da época para o dimensionamento de sistemas de drenagem, o que fez com que esses sistemas não comportassem a demanda. Além disso, foram feitas profundas alterações na drenagem natural, procurando eliminar as características do meio físico julgadas inadequadas ao meio urbano. Assim, foram usados indiscriminadamente aterros, desmatamentos, redução dos espaços naturais, canalização e retificação de córregos, além de lançamento de água pluvial em locais inadequados. As consequências dessa postura são: o rápido escoamento só transfere o problema, o custo da canalização é muito alto, a falta de infiltração ocasionada pela impermeabilização não permite a recarga dos lençóis subterrâneos, o lançamento das enxurradas polui os rios (PARKINSON *et al*, *op.cit*).

Esse capítulo trata justamente desse tipo de ocupação que muitas vezes não só agrava os fenômenos como também expõe a população aos mesmos. Ao se compreender a ocupação do espaço urbano é possível entender os processos que levaram a população, que hoje vive em área de risco, a expor suas vidas e a de suas famílias. E como a ocupação, em contrapartida, contribui para a ocorrência e agravamento das inundações.

Segundo Tucci e Berton (2003),

o crecimiento urbano ha sido caracterizado por la expansión irregular de la periferia, con poca obediencia de la reglamentación urbana relacionada con el Plano Director y normas específicas de loteos, además de la ocupación irregular de las áreas públicas por población de baja renta. Este proceso dificulta el ordenamiento de las acciones no estructurales del control ambiental urbano.

Esse processo de crescimento irregular pode também ser observado em Goiânia, como exemplo disso, tem-se a invasão do bairro Guanabara II, que está inserido completamente na área de estudo, às margens do córrego Pedreira.

5.1 Uso do Solo, Ocupação e Áreas de Infiltração

A análise do uso do solo da bacia do córrego Pedreira inicia-se com a sua divisão em áreas urbanas parceladas e não parceladas e dos níveis de consolidação da primeira. Parte-se para a diferenciação entre usos em 2002 e 2006, numa breve análise temporal, que busca um diagnóstico do uso do solo na bacia; passa-se, então, pela verificação da infra-estrutura urbana dos bairros assentados na bacia do córrego Pedreira, para posteriormente se discutir a questão dos níveis de ocupação e impermeabilização da porção urbana da bacia.

A bacia do córrego Pedreira tem como característica ser uma bacia urbana no limite com usos rurais (Figuras 37 e 38). Portanto, apresenta dois usos principais que foram identificados na imagem de satélite, um de predominância urbana e outro com caráter rural.



Figura 37 - Uso Urbano na bacia do córrego Pedreira.



Figura 38 - Uso Rural na bacia do córrego Pedreira.

Ainda sobre o uso do solo (figura 39), numa análise mais detalhada, levando em consideração a existência de infra-estrutura básica, é possível dividir o uso urbano na bacia em: área urbana consolidada, que predomina na porção sudoeste da bacia e já conta com os equipamentos urbanos implantados e em pleno uso; área urbana em consolidação, que representa uma pequena área na porção noroeste da bacia onde ainda está sendo instalada a infra-estrutura e onde a ocupação ainda é incipiente; área urbana parcelada, mas não ocupada, que é o menor dos usos urbanos, com um condomínio horizontal, que ocupa quase toda a porção sudeste da bacia, e uma área militar, que representa na bacia uma área pequena. Em

relação ao uso rural, têm-se as áreas com vegetação remanescente e a área não parcelada, que apresenta usos agrícolas e, em menor proporção, pecuários. Essa última área foi considerada não parcelada pelos avanços da mancha urbana em direção a ela, pois alguns pontos já aparecem no mapa urbano digital de Goiânia como áreas a serem parceladas. Essas áreas de parcelamento futuro não aparecem no mapeamento desse trabalho porque as mesmas não influenciam nos usos atuais, já que até o presente momento são de uso agrícola.

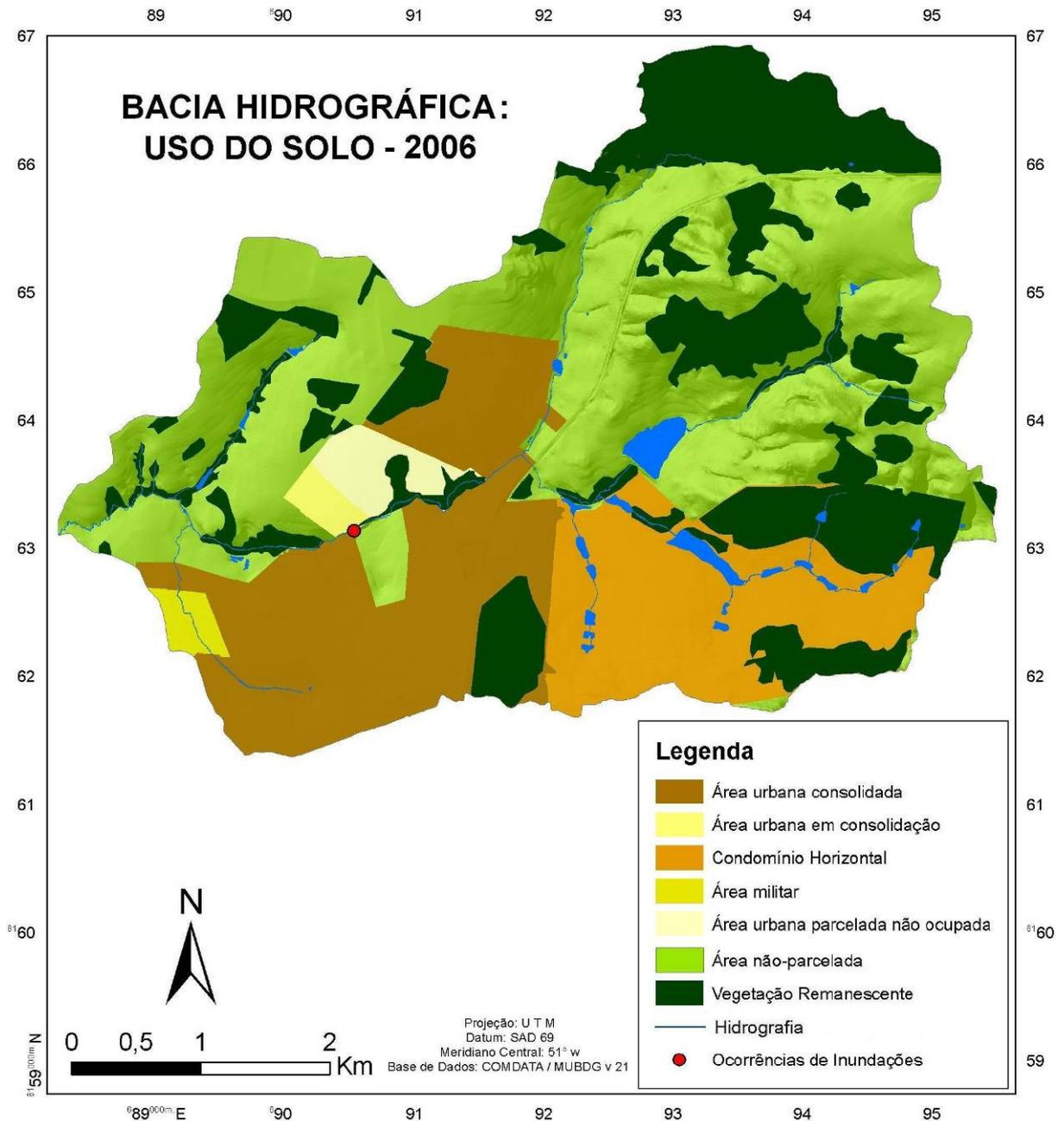


Figura 39 - Uso do solo na bacia do córrego Pedreira.

Como descrito no capítulo 1, em relação às inundações, o uso mais problemático é o urbano. Como afirma 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. Isso 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 (uso urbano), pois o sítio urbano tem características de impermeabilização pela sua própria natureza, já o segundo uso favorece a infiltração (uso rural). O que, a depender do tipo de vegetação, pode contribuir muito como barreira para o escoamento. Por sua relevância, uso urbano é priorizado na apresentação dos resultados em relação ao uso e ocupação que são discutidos neste capítulo.

Antes, porém, de iniciar tal discussão sobre a questão do uso e da ocupação, é aqui apresentada a distribuição dos bairros na bacia, para facilitar a compreensão do texto deste capítulo. Como pode ser observado no mapeamento dos bairros (figura 40), esses se situam, predominantemente, na porção sul da bacia do córrego Pedreira. Essa bacia é composta por 15 bairros e por mais 4 áreas (não identificadas no mapa) que aparecem no mapa urbano básico digital (MUBDG) identificadas como gleba. São áreas onde provavelmente serão implantados novos bairros, mas que até o presente momento caracterizam-se ainda como áreas não-parceladas.

Os bairros dessa bacia são muito distintos entre si, apresentando diferentes níveis de ocupação, funções diversificadas (residencial, residencial-comercial, condomínio fechado, área militar e chácaras urbanas), organização sócio-espacial distinta e, principalmente, abrigam classes sociais com poder aquisitivo díspares. Além disso, o tamanho dos bairros e a posição deles no relevo também os diferenciam. Dentre os inúmeros exemplos que poderiam ser dados, destacam-se as disparidades que há entre o Jardim Guanabara II, que foi alvo de ocupação irregular nas proximidades do córrego Pedreira, e o Aldeia do Vale, condomínio de alto padrão residencial.

Dos bairros da bacia do córrego Pedreira, o que ganha maior destaque nesse trabalho é o Jardim Guanabara II, que é onde os acidentes relacionados à inundação ocorrem com maior frequência e atingem os moradores. Localizado às margens do córrego Pedreira, esse bairro foi alvo de ocupação indevida em Área de Preservação Permanente (APP). Essa ocupação se deu pela imigração de pessoas advindas do norte e nordeste do Brasil, principalmente do Pará, Piauí, Maranhão e Bahia. Essa informação foi obtida *in loco* por meio de entrevista com os moradores.

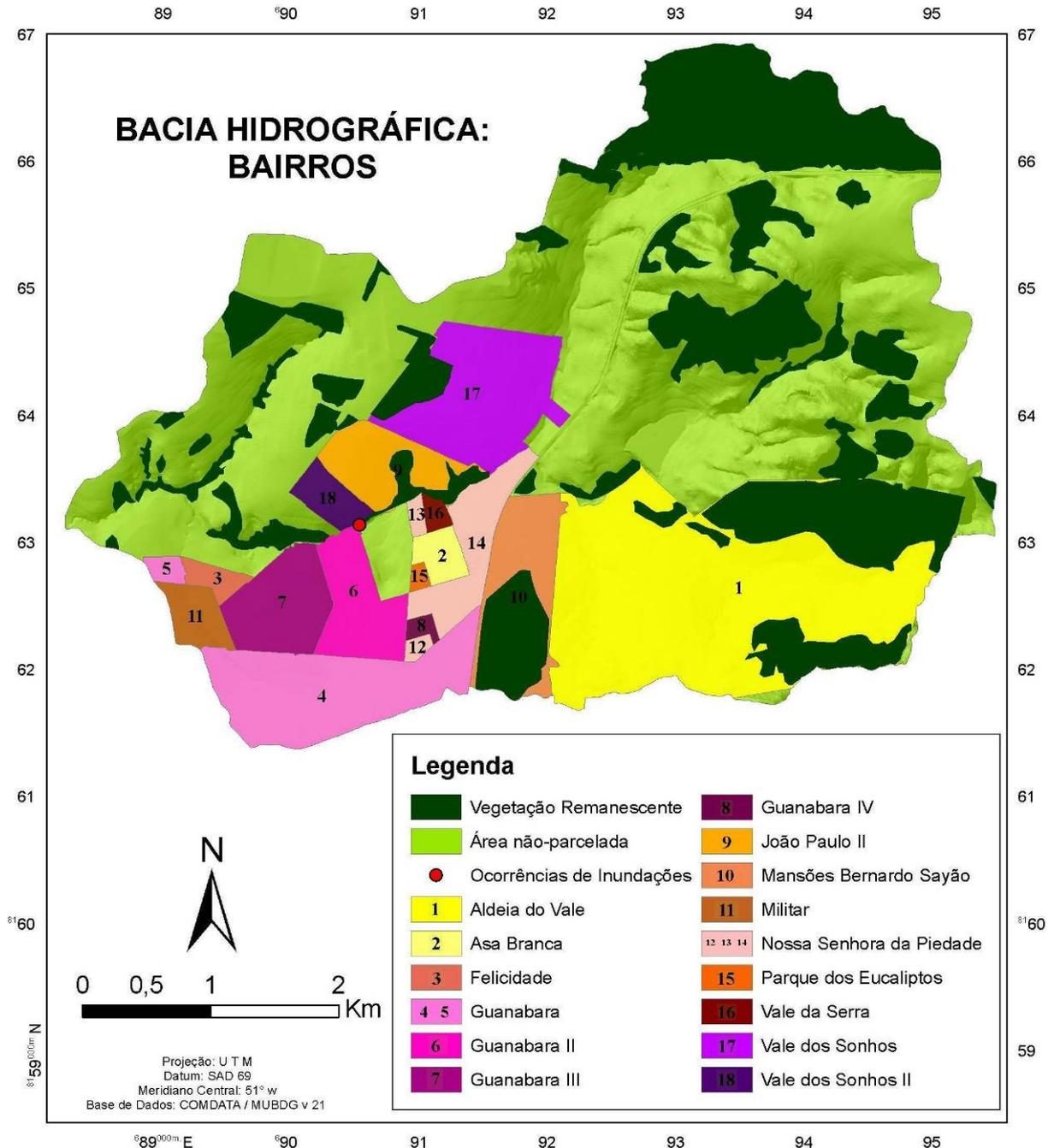


Figura 40 - Distribuição dos bairros na bacia do córrego Pedreira. Os bairros que apresentam descontinuidade espacial foram identificados com mais de um número.

Quanto ao histórico recente de ocupação, a imagem Quick Bird (2002) mostra que na bacia do córrego Pedreira (Figura 41), nesse período, a maior parte dos bairros localizados na bacia já estavam implantados; outros, como o Vale dos Sonhos II, estavam em fase de implantação. Esse fato pode ter contribuído para que nesse período a abertura de ruas e a exposição do solo aumentassem a quantidade de sedimentos transportados em direção à drenagem, causando assoreamento do canal.

Em 2002, o condomínio horizontal passou por abertura de vias em sua parte norte. A ocupação desse “bairro” é mais intensa na porção sul, havendo uma ocupação incipiente na

área norte do condomínio. Bairros como o Jardim Guanabara já se encontravam consolidados, enquanto outros, como o Vale dos Sonhos, estavam sendo ocupados.

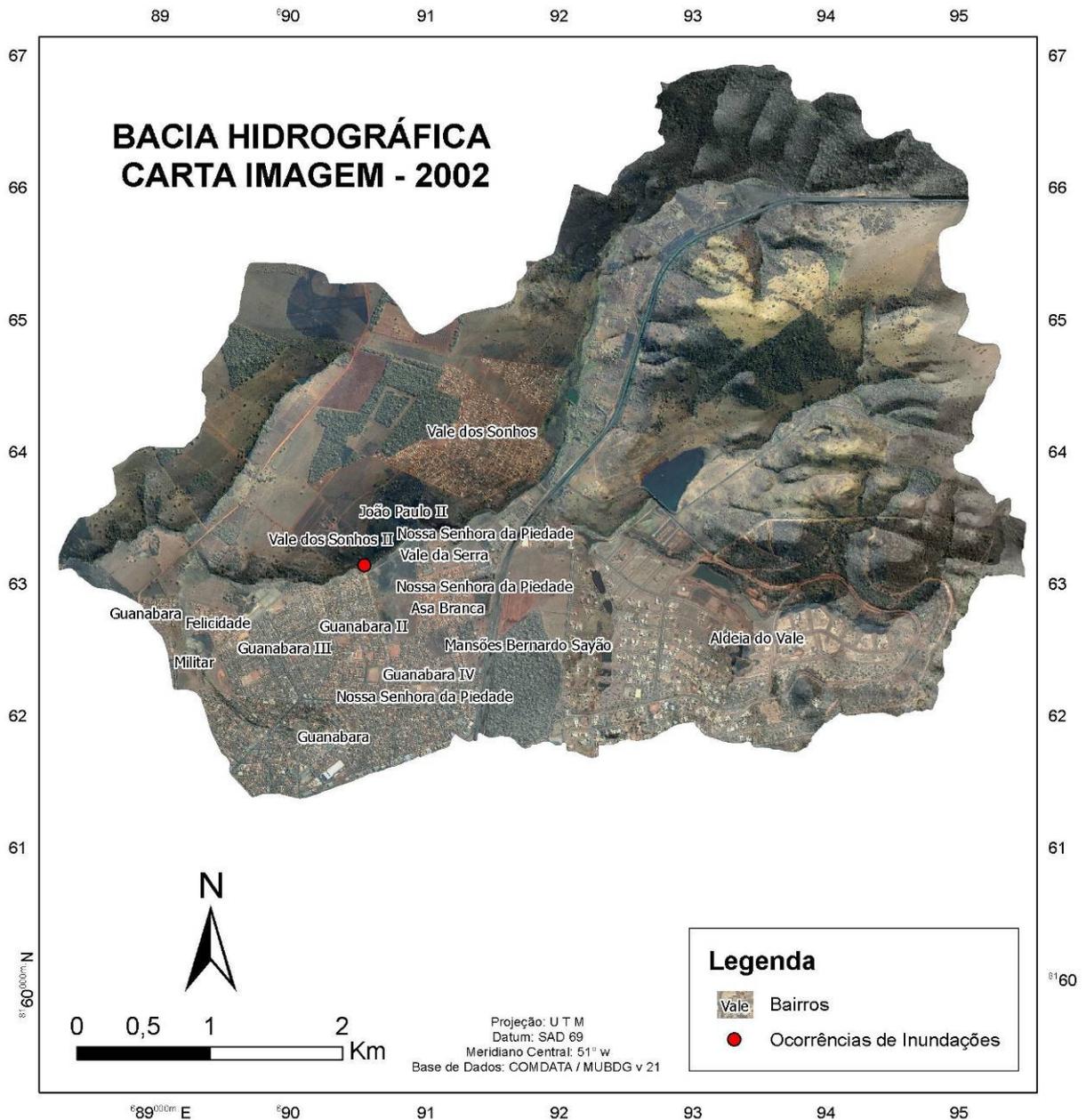


Figura 41 - Imagem Quick Bird (2002), recortada nos limites da bacia.

Nesse período, algumas barragens do córrego Pião ainda não haviam sido implantadas, aparecendo aquelas de maior porte e que se localizam mais próximas à entrada do condomínio horizontal. A maior barragem da área já estava construída em uma chácara. Os represamentos são importantes na análise das inundações em uma bacia porque representam contenção de sedimentos que podem vir a provocar assoreamento e consequentemente, inundações; além disso, em eventos de cheia configuram-se como áreas de contenção de

fluxo, como afirma Tucci (1999). Outra característica importante é a de funcionar como dissipador de energia do fluxo.

Na ortofoto (2006), observa-se que houve mudanças nos níveis de ocupação da bacia, o que foi incrementado principalmente nos bairros mais recentes, como Vale dos Sonhos e Vale dos Sonhos II e no condomínio horizontal, onde a ocupação passou a ser mediana (Figura 42).

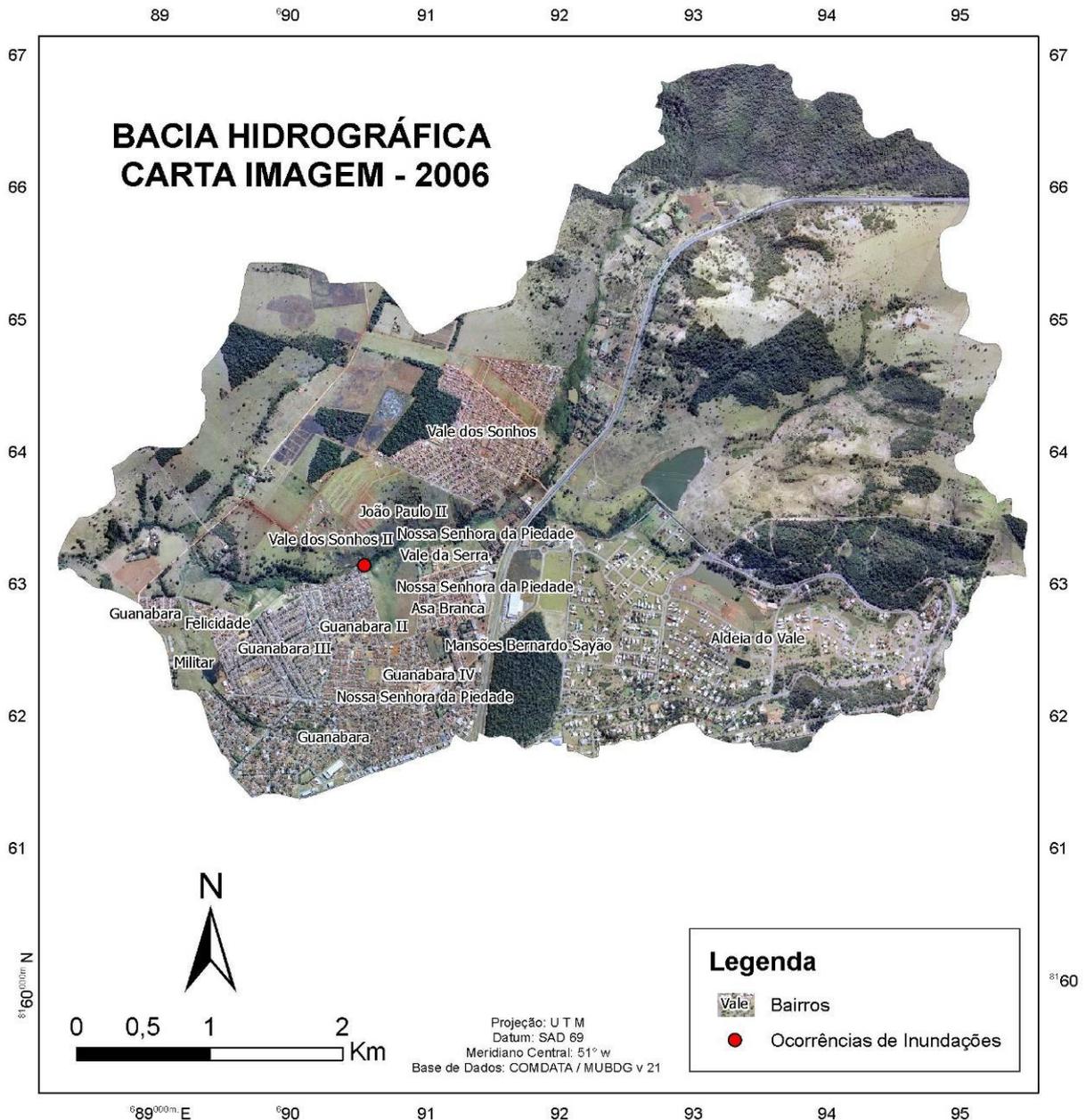


Figura 42 - Ortofoto (2006) recortada no limite da bacia.

Houve mudanças também em relação aos remanescentes de mata que em alguns pontos diminuiram significativamente. Exemplo disso é o caso do remanescente localizado nas proximidades ao bairro Vale dos Sonhos (Figura 43) que aparece com aproximadamente

40% da mata reduzida em 2006 em relação a 2002, e aparece ainda menor em observações feitas em campo.



A - Imagem Quick Bird (2002)



B - Ortofoto (2006)

Figura 43 - Modificações na ocupação de parte da bacia entre 2002 e 2006.

A ocupação do Jardim Guanabara, etapas II, III e IV, também se mostrou maior, apresentando praticamente ocupação total, o que consequentemente aumentou também os níveis de impermeabilização do bairro. Somando isso ao fato de o Jardim Guanabara já estar consolidado, faz com que o bairro Jardim Guanabara e seus adjacentes sejam a porção mais ocupada e impermeabilizada da bacia. Esse fato é comprovado com os percentuais que são apresentados ainda nesse tópico.

Alguns bairros próximos ao córrego Pedreira continuam, na imagem de 2006, não asfaltados. Isso provavelmente contribuiu para que o solo exposto continuasse sendo removido, e a isso se somou o fato desses bairros estarem localizados à margem norte do córrego Pedreira, que é uma área com alta declividade. Esse solo removido deve ter sido transportado em direção ao canal de drenagem, por causa da proximidade desses bairros com o córrego. Por outro lado, o aumento de área asfaltada em outros bairros contribuiu para impermeabilização e para a concentração de fluxos. Nesses casos, a velocidade do fluxo também sofre alteração, escoando mais rapidamente para o canal de drenagem principal.

Para a análise da ocupação atual, os dados obtidos nas imagens foram complementados em campo, onde se verificou o aumento dos níveis de ocupação e abertura de um novo bairro, o João Paulo II, que se localiza entre o Vale dos Sonhos e o Vale dos Sonhos II. Como já destacado, a abertura de bairros é sempre problemática para a drenagem de uma bacia, pois há exposição, e possivelmente remoção e transporte de solo, provocando assoreamento do canal, ou seu aumento, caso já exista. O assoreamento, por sua vez, diminui a seção do canal, levando à intensificação dos eventos de inundações.

Em relação à infra-estrutura existente nos bairros da área de estudo, os dois mapas relacionados a esse tema oferecem a oportunidade de perceber a concentração de infra-estrutura em determinados pontos da bacia. Por ser uma bacia limítrofe entre cidade e campo, as informações sobre infra-estrutura concentram-se na porção sul da bacia, na porção norte o uso é rural.

O mapa que mostra as quadras e os arruamentos (Figura 44) denota que há maior impermeabilização na porção sudoeste da bacia já que os bairros nessa área apresentam quadras menores e maiores índices de arruamento. Esse arruamento provoca aumento da impermeabilização e concentração de fluxo. Nos bairros mais antigos o problema é ainda mais grave, pois as ruas longas acompanham o sentido da declividade, levando todo o fluxo concentrado diretamente para o canal de drenagem.

Na porção sudeste da bacia as quadras são maiores e apresentam menor índice de impermeabilização. Além disso, as ruas longas são paralelas à drenagem evitando, portanto, que o fluxo chegue com maior velocidade no canal de drenagem.

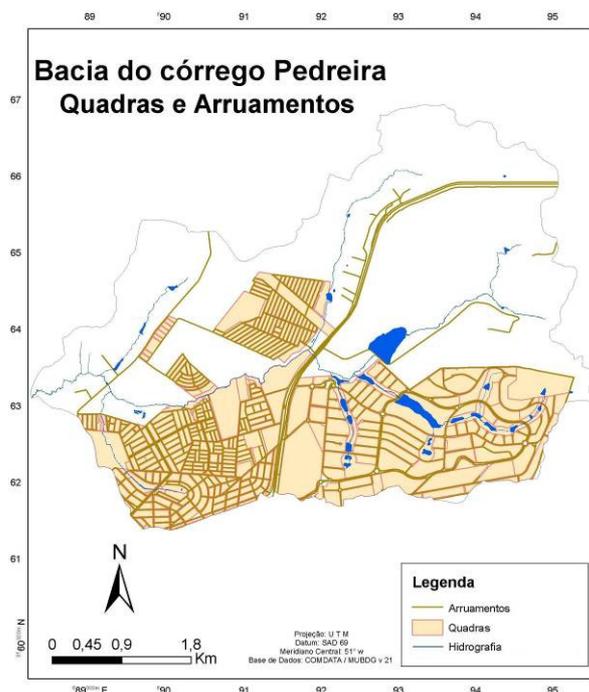


Figura 44 - Quadras e arruamentos.

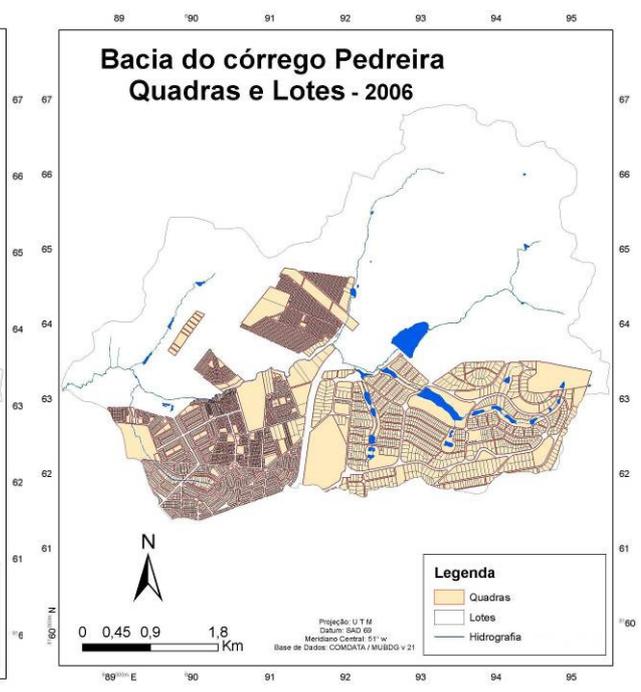


Figura 45 - Quadras e lotes.

No mapa que apresenta quadras e lotes (figura 45) percebe-se que há grande diferença no tamanho dos lotes nos diversos bairros da bacia. Há nesses bairros com lotes menores um maior índice de impermeabilização, já que as quadras apresentam maior ocupação por metro quadrado no bairro, pois os lotes ocupam toda a quadra e as residências ocupam a maior parte da área dos lotes.

A observação desses mapas confirma que há uma relação proporcional entre o nível de ocupação e os níveis de problemas relacionados à drenagem urbana, já que nas áreas mais ocupadas ocorrem mais acidentes relacionados aos alagamentos e é nas adjacências da área mais ocupada que ocorrem os acidentes mais expressivos relacionados a inundação. Além de tudo, a concentração de pessoas em um espaço pequeno é verificada em bairros de menor poder aquisitivo. Em contrapartida, bairros para pessoas com maior poder aquisitivo apresentam melhores condições de moradia e também de ocupação do espaço.

Assim, o planejamento urbano desigual influencia questões sociais e também ambientais. Em alguns locais, a questão da ocupação supera o planejamento, como é o caso da invasão do Jardim Guanabara II, que é um caso de ocupação subnormal que prejudica a dinâmica do bairro e da bacia, mas prejudica principalmente os moradores que ali se instalam.

A bacia do córrego Pedreira apresenta grande desigualdade social. Existem situações extremas nesse espaço. Há desde moradias de alto nível, em condomínio fechado, até moradias precárias em invasão (Figuras 46 e 47).



Figura 46 - Invasão Guanabara II. Detalhe: o bueiro muito grande que denota a quantidade de fluxo que passa por essa rua.



Figura 47 - Vista dos excluídos em relação ao condomínio fechado. Detalhe: o muro que os separa da realidade social desigual na bacia.

Observa-se ainda que, nas porções ocupadas da bacia, de forma geral, há bons níveis de infra-estrutura. Alguns casos, porém destoam da maioria, como alguns bairros sem asfalto e galerias de águas pluviais. Isso ocorre nos bairros implantados mais recentemente, como é o caso do bairro João Paulo II, que não aparece nos mapas que tratam de infra-estrutura. Já na invasão, a parte de casas voltadas para o córrego não contam nem mesmo com rua, onde os moradores improvisaram uma passagem. Cabe ressaltar que parte desses moradores já foram removidos (Figuras 48 e 49). Outro problema relacionado à infra-

estrutura nessa porção da bacia é o lançamento do esgoto *in natura* diretamente no canal de drenagem.



Figura 48 - Bueiro no bairro Guanabara II. Apesar de existirem bueiros no bairro, estes são precários.



Figura 49 - Vista da invasão do bairro Jardim Guanabara II. Aparecem na foto às paredes que sobraram das casas dos moradores transferidos, as mesmas ainda sustentam os barracos ainda existentes no local. A direita pode ser observada a rua improvisada pelos moradores para chegarem as suas residências.

Para se conhecer melhor os bairros da bacia foi organizada a tabela 09, que mostra características dos lotes, das áreas permeáveis e da ocupação nos bairros. Em relação ao tamanho dos lotes, pode-se observar que esses, nos bairros da bacia do córrego Pedreira, exceto áreas especiais (militar e chácaras), variam de 200m² até 5.000m², sendo que a maioria tem lotes entre 200m² e 400m². Na tabela 06 alguns bairros foram subdivididos por apresentarem os tamanhos dos terrenos muito desiguais. A área construída nos lotes também varia bastante, aparecendo valores entre 110 e 900m². Todos esses valores foram obtidos diretamente no mapa urbano básico digital de Goiânia utilizando ferramentas do programa ArcGis 3.2, como descrito no capítulo 2.

Pela análise da ortofoto (2006) e pelos dados de campo, pode-se observar que as áreas com possibilidade de infiltração na bacia são remanescentes de vegetação natural (mata), áreas de cultivo, áreas públicas reservadas no bairro (parques, pátios de escola, praças), lotes baldios, áreas de preservação permanente e faixa de segurança nas proximidades das redes de transmissão de energia elétrica. Os quintais das casas também representam áreas não edificadas, muitos deles são bem arborizados. Nesse aspecto, o Jardim Guanabara IV é uma exceção, pois apresenta menor número de árvores do que os demais bairros. Além disso, é possível perceber na ortofoto que há calçamento em muitos quintais. Pôde-se ainda verificar se há ou não asfalto em todo o bairro e conclui-se que grande parte dos bairros possui as ruas

asfaltadas. Alguns possuem mais área asfaltada por apresentarem quadras pequenas e, portanto, mais ruas.

A tabela 09 apresenta a taxa de ocupação de cada bairro. Esse número foi encontrado a partir do cálculo da quantidade de quadras no bairro, da média do número de lotes por quadra e da média do número de lotes ocupados. Como resultado desse cálculo chegou-se a conclusão que há grandes disparidades nos níveis de ocupação na bacia.

Tabela 09 - Caracterização da ocupação na bacia do córrego Pedreira

Bairro	Tamanho médio do lote	Área construída no lote (média)	Áreas permeáveis	Asfaltado	Taxa de ocupação
<i>Aldeia do vale</i>	1560m ²	700m ²	Gramado, mata, piscinas, lagos.	Sim, em quantidade moderada devido ao tamanho dos lotes.	55%
	5000m ²	900m ²	Idem	Idem	50%
<i>Asa branca</i>	300m ²	200m ²	Área pública, escola (pátio) grama, clube (ou chácara)	Sim	90%
<i>Felicidade</i>	300m ²	230m ²	Áreas públicas, vegetação antrópica, planície não ocupada do córrego Guanabara.	Sim	85%
<i>Guanabara</i>	400m ²	300m ²	Áreas públicas, APP (degradada), lotes baldios.	Sim	95%
<i>Guanabara II</i>	200m ²	180m ²	Áreas públicas, escola (pátio), APP.	Sim	100%
<i>Guanabara III</i>	400m ²	370m ²	Áreas públicas, escola (pátio), praças e canteiro central.	Sim	100%
<i>Guanabara IV</i>	400m ²	230m ²	Lotes baldios Obs.: tem poucas árvores nos ocupados.	Sim	95%
<i>João Paulo II</i>	Em implantação	Não ocupado	Remanescentes, vegetação antrópica.	Arruamento sendo feito	0%
<i>Mansões Bernardo Sayão</i>	820000m ² (a área total do bairro)	40000m ² (área total construída no bairro)	Mata, vegetação antrópica (95,2% do bairro).	Três ruas	4,8%
<i>Área Militar</i>	204000m ² (toda a área)	13000m ² (em toda a área)	Áreas desocupadas com vegetação antrópica e APP.	Não	6%
<i>Nossa Senhora da Piedade (chácaras)</i>	13000m ²	3000m ²	Áreas desocupadas com vegetação antrópica, planície não ocupada.	Sim, porém as quadras são muito grandes e tem pouca área asfaltada.	55%
	50000m ²	11000m ²			
	250m ²	200m ²			

<i>Parque dos Eucaliptos</i>	200m ²	175m ²	Vegetação antrópica	Sim	95%
<i>Vale da Serra</i>	400m ²	220m ²	Áreas de Preservação Permanente e lotes vazios	Sim	40%
<i>Vale dos Sonhos</i>	200m ²	140m ²	Áreas públicas, lotes e quadras vazias.	Parcialmente	56%
<i>Vale dos Sonhos II</i>	200m ²	110m ²	Lotes baldios, áreas publicas, chácara.	Não	11%

Fonte: Elaborada pela autora.

Para elaborar o mapa (Figura 50) os valores encontrados para as taxas de ocupação foram divididos em classes de acordo com os índices que apareciam na área para que não houvesse na legenda valores que não aparecem no mapa. As classes utilizadas para elaboração do mapa foram 0-10 %, 10-20 %, 40-50 %, 50-60 %, 80-90 % e 90-100 %, de acordo com os valores que foram encontrados nos cálculos de ocupação. O mesmo mapa mostra as áreas com uso rural (pastagem/agricultura) e com vegetação remanescente.

A maior concentração de bairros na bacia do córrego Pedreira está na sua porção sul, porém estes começam a se expandir para a porção norte onde já são encontrados três bairros. No entanto grande parte da porção norte ainda é ocupada por usos rurais. Foram identificadas nessas áreas plantações e campos com pastagem. Dentre as culturas identificadas na área foi observado em campo o cultivo de mamão, tomate e milho. As culturas temporárias são mais prejudiciais ao solo quando não há manejo adequado do mesmo, pois revolvem o solo várias vezes ao ano e o deixam exposto e desagregado. Na bacia também são encontrados remanescentes de vegetação natural (principalmente formações florestais).

O mapa de taxa de ocupação (Figura 50) mostra a concentração da ocupação por bairro na bacia do córrego Pedreira. Ao analisar o mapa verifica-se que os maiores níveis de ocupação ocorrem na porção sudoeste da bacia, na qual o nível de ocupação chega ao intervalo de 90 a 100%. Na porção sudeste a ocupação é mediana, assim como na porção central. Os bairros com baixos níveis de ocupação são em menor número e localizam-se entre os de alta e média ocupação.

Sabendo dos níveis de ocupação pode-se caminhar em direção à identificação dos níveis de permeabilidade e conseqüentemente definir os níveis de impermeabilidade da bacia. Para se chegar à porcentagem da área permeável no bairro seguiu-se a ordem dos dados explicitados na tabela 10.

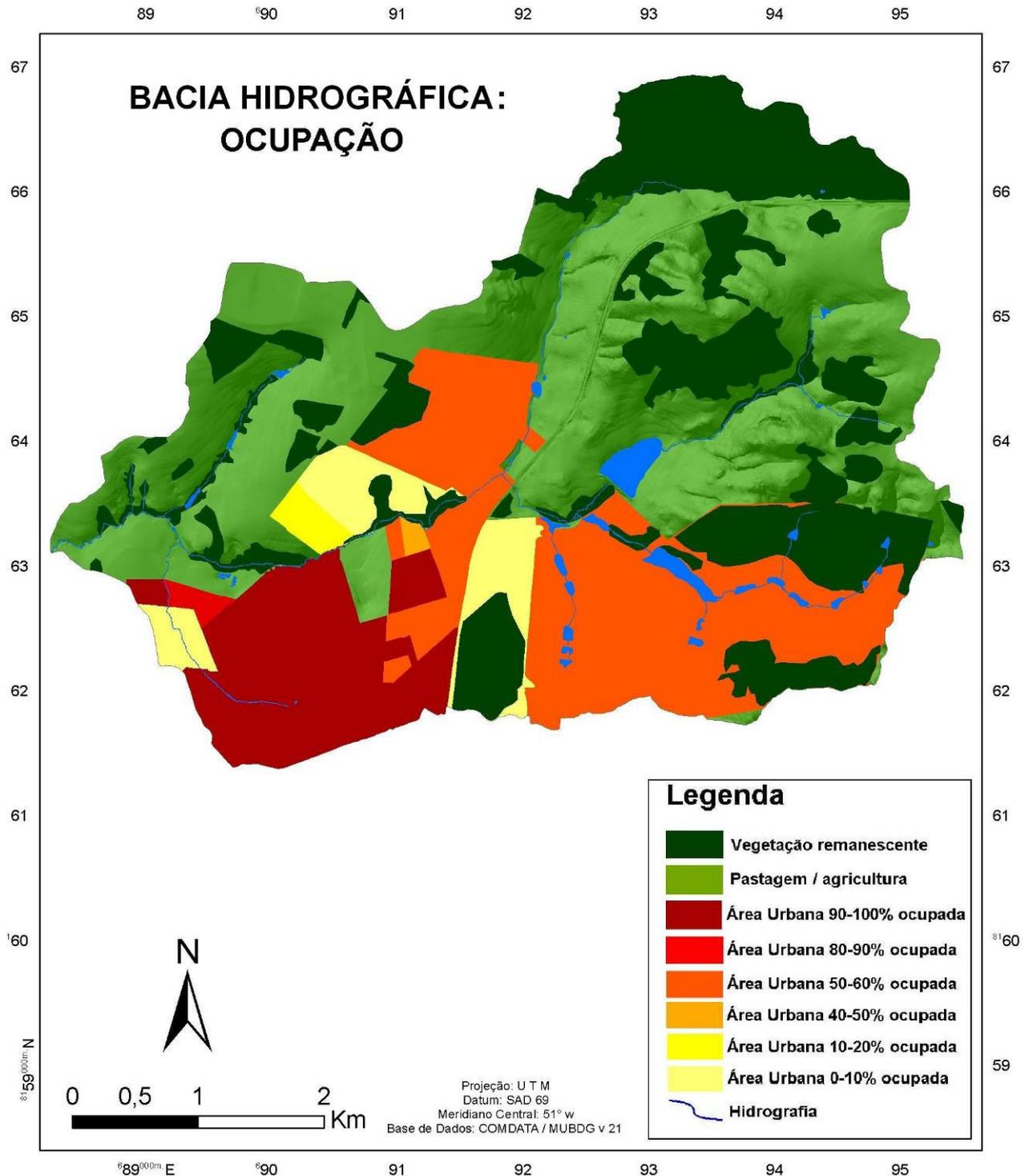


Figura 50 - Taxa de ocupação da porção urbanizada da bacia do córrego Pedreira e usos rurais.

Os índices encontrados mostram que as taxas de áreas livres de edificações e, portanto com possibilidade de infiltração, nos bairros da bacia, são muito variáveis, aparecendo valores como 7,5% no Jardim Guanabara, que é um bairro consolidado, até a de 100% no bairro João Paulo II, que começou a ser implantado.

Tabela 10 - Características de infiltração dos bairros na bacia do córrego Pedreira

BAIRRO	Área Lote	Área Construída no lote (média)	Área não edificada por lote	Área com possibilidade de infiltração no lote (%)	Ocupação do bairro (%)	Área mais permeável no bairro
Aldeia do Vale	1560	700	860	55,13%	55,00%	75,32%
Aldeia do Vale	5000	900	4100	82,00%	50,00%	91,00%
Asa Branca	300	200	100	33,33%	90,00%	40,00%
Felicidade	300	230	70	23,33%	85,00%	34,83%
Guanabara	400	300	100	25,00%	95,00%	28,75%
Guanabara II	200	180	20	10,00%	100%	10,00%
Guanabara III	400	370	30	7,50%	100%	7,50%
Guanabara IV	400	230	170	42,50%	95,00%	45,38%
João Paulo II	0	0	0	0,00%	0,00%	100,00%
Mansões B. Sayão	820000	40000	780000	95,12%	4,80%	99,77%
Área Militar	204000	13000	191000	93,63%	6,00%	99,62%
N. S. da Piedade (Chácaras)	13000	3000	10000	76,92%	55,00%	87,31%
N. S. da Piedade (Chácaras)	50000	11000	39000	78,00%	55,00%	87,90%
N. S. da Piedade (Chácaras)	250	200	50	20,00%	55,00%	56,00%
Parque dos Eucaliptos	200	175	25	12,50%	95,00%	16,88%
Vale da Serra	400	220	180	45,00%	40,00%	78,00%
Vale dos Sonhos	200	140	60	30,00%	56,00%	60,80%
Vale dos Sonhos II	200	110	90	45,00%	11,00%	93,95%
TOTAL				43,05%	58,21%	61,83%

Fonte: Elaborado pela autora

O mapa de áreas com possibilidade de infiltração (Figura 51) mostra os diferentes níveis de áreas com possibilidade de infiltração dos bairros. Entre aqueles que apresentam maiores índices de áreas não edificadas, há destaque para os bairros de ocupação recente, chácaras, área militar. Já as áreas com menor índice de áreas não impermeabilizadas que coincidem os bairros mais antigos da bacia os bairros denominados de Guanabara, aparecem com menores índices de possibilidade de infiltração. Os demais bairros apresentam índices variáveis, mas medianos.

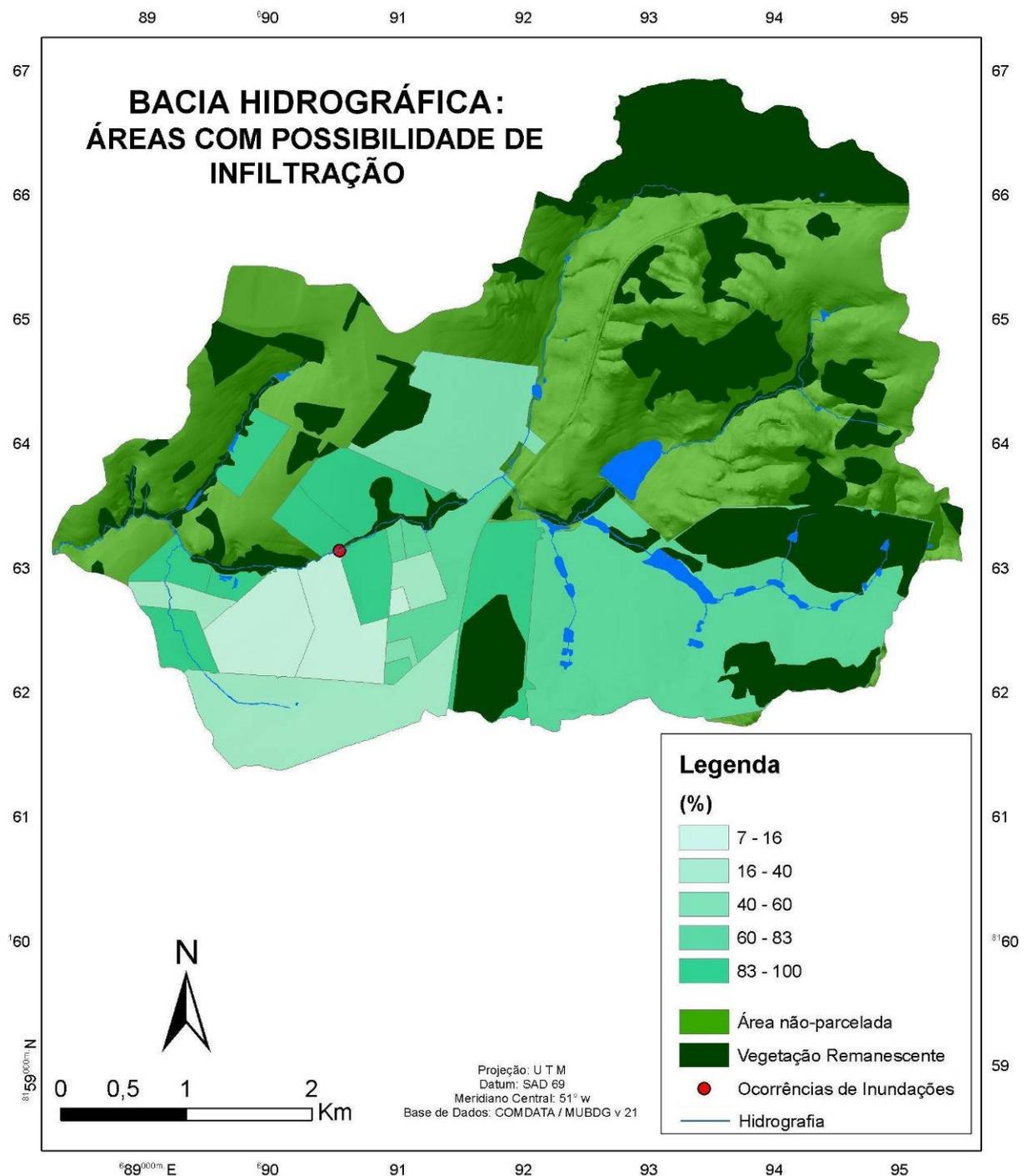


Figura 51 - Áreas com possibilidade de infiltração na bacia do córrego Pedreira.

Como resultado da análise da ocupação e dos níveis de impermeabilização admite-se 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 em seus primeiros anos não contaram com infra-estrutura, como asfalto. Esse sedimento levado pelas águas pluviais contribuiu para o assoreamento da drenagem (Figura 52), e esse é um dos fatores geradores de inundação. Outro fator a se considerar é a drenagem da rodovia que também é direcionada para o canal de drenagem da bacia. Destaca-se que o local com maior ocorrência de inundações está localizado à jusante da porção mais urbanizada da bacia (Figura 53) e, portanto recebe maior quantidade de fluxo do escoamento superficial.



Figura 52 - Assoreamento e dragagem do canal do córrego Pedreira. No detalhe a esquerda aparecem as manilhas que serão utilizadas na canalização do córrego.



Figura 53 - Visão panorâmica dos bairros da porção sul da bacia, que estão amplamente urbanizados.

Cabe ressaltar que não é apenas o fator de exposição do solo ou de cobertura não impermeabilizante que garante a infiltração. Outros fatores estão relacionados. O sistema de drenagem urbana também tem relação com a infiltração, pois esse pode valorizar a infiltração na fonte ou ser adepto às antigas práticas de retirar as águas da área urbana o mais rapidamente, transferindo o problema para jusante.

Segundo Tucci (2003b) os sistemas de drenagem são definidos *na fonte, microdrenagem e macrodrenagem*. A drenagem *na fonte* é definida pelo escoamento que ocorre no lote, condomínio ou empreendimento individualizado, estacionamentos, parques e passeios. A *microdrenagem* é definida pelo sistema de condutos pluviais ou canais a nível de loteamento ou de rede primária urbana. Este tipo de sistema de drenagem é projetado para atender à drenagem de precipitações com risco moderado. A *macrodrenagem* envolve os

sistemas coletores de diferentes sistemas de microdrenagem. A macrodrenagem envolve áreas de pelo menos 2 km² ou 200 ha. Este tipo de sistema deve ser projetado para acomodar precipitações superiores às da microdrenagem com riscos de acordo com os prejuízos humanos e materiais potenciais. Caso haja planejamento e ocorra infiltração em níveis satisfatórios predominantemente na fonte, o escoamento não será potencializado e a utilização dos demais sistemas de drenagem não será sobrecarregada.

Alem disso o acúmulo de resíduos sólidos carregados pelas águas da chuva pode causar poluição dos rios. E pode dificultar inclusive a implantação de reservatórios de detenção. Percebe-se que ainda hoje os sistemas de drenagem pluvial foram planejados baseados no rápido escoamento da água pluvial para jusante (PARKINSON et al, 2003).

O próximo tópico apresenta a síntese da caracterização sócio-ambiental da bacia aliado a análise e a correlação entre os dados, que levou a avaliação preliminar dos riscos na bacia.

5.2 Riscos Ambientais e Ocupação de Áreas Irregulares

Quando se avalia o risco de ocorrência de um determinado fenômeno passa-se de uma análise estritamente ambiental para uma análise sócio-ambiental, o homem nessa análise é ao mesmo tempo um ator ativo que influencia e potencializa a ocorrência de eventos e passivo, pois é vítima das conseqüências de seus atos, ou ainda sofre com fenômenos naturais aos quais fica exposto.

A intervenção humana pode provocar modificações no meio natural e aumentar a probabilidade de ocorrência de inundações. A construção de cidades, com todas as suas implicações, é o exemplo mais claro dessa modificação. Nesse espaço o homem constrói um espaço para si, com obras de engenharia que geram grandes áreas impermeáveis, que diminuem a infiltração da água no solo e conseqüentemente aumentam o escoamento superficial. Além disso, a cidade apresenta inúmeras obras que implicam em modificações na dinâmica natural da bacia hidrográfica, como na hidrológica, por exemplo. A implantação de tais obras aumenta, por exemplo, com a drenagem pluvial, a vazão d'água dos cursos adjacentes. Essas modificações são consideradas intensificadoras das inundações e de outros fenômenos naturais. Tucci (1995) também expõe que são exemplos de ações humanas que contribuem para ocorrência de inundações as obras que estrangulam os leitos das drenagens, tais como bueiros, canalizações, pontes e aterros.

A ocupação das áreas de preservação permanente nas margens dos cursos d'água também é uma questão problemática, já que o homem além de ocupar um espaço onde sua

intervenção vai intensificar fenômenos como o das inundações, ele ainda fica sujeito a este fenômeno, pois está habitando áreas que são diretamente afetadas pelas cheias.

As construções de casas às margens do córrego, não raramente, utilizam-se de aterros, fato esse confirmado por moradores da invasão do Jardim Guanabara II, que relataram que as casas foram construídas onde antes era um “brejo” (várzea), que eles aterraram antes de construir as casas, o que no entanto não foi uma ação bem sucedida, já que eles relatam que a água ainda surge dentro de algumas casas. Além do prejuízo para a população que aí reside, esse aterramento provocou estrangulamento do canal de drenagem, ou ainda diminuição da área de extravasamento das águas em casos de vazão de pico.

Para verificar a ocupação das áreas de preservação permanente, referentes ao curso d'água, as mesmas foram delimitadas e representadas nas figuras 54 A e B. A primeira mostra essa área em relação à ortofoto, a segunda demonstra a mancha de ocupação e seu avanço sobre essas áreas.

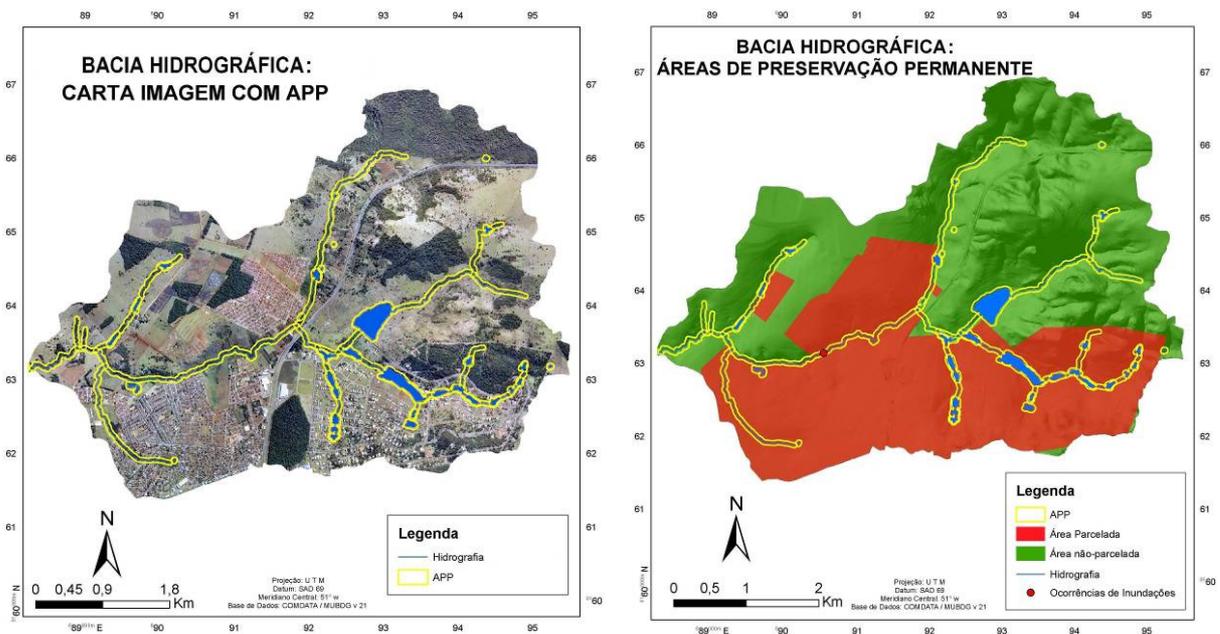


Figura 54 - A e B - Área de Preservação Permanente relacionadas a cursos d'água.

A imagem a seguir (Figura 55) mostra o detalhe da figura 54, com um recorte que privilegia as margens do córrego Pedreira nas proximidades da área de maior ocorrência de inundações.

Nessa imagem pode-se observar que a invasão, implantada próximo ao bairro Guanabara II, foi construída dentro da área delimitada como de preservação permanente. As casas estão dentro da faixa de 30 metros, que é estabelecida pela Lei nº. 4.771, de 15 de Setembro de 1965, conhecida como código florestal, para preservação das margens de cursos

d'água de menos de 10 (dez) metros de largura (BRASIL, Lei n. 4.771). Essa ocupação torna essa área propícia à ocorrência de eventos com vítimas

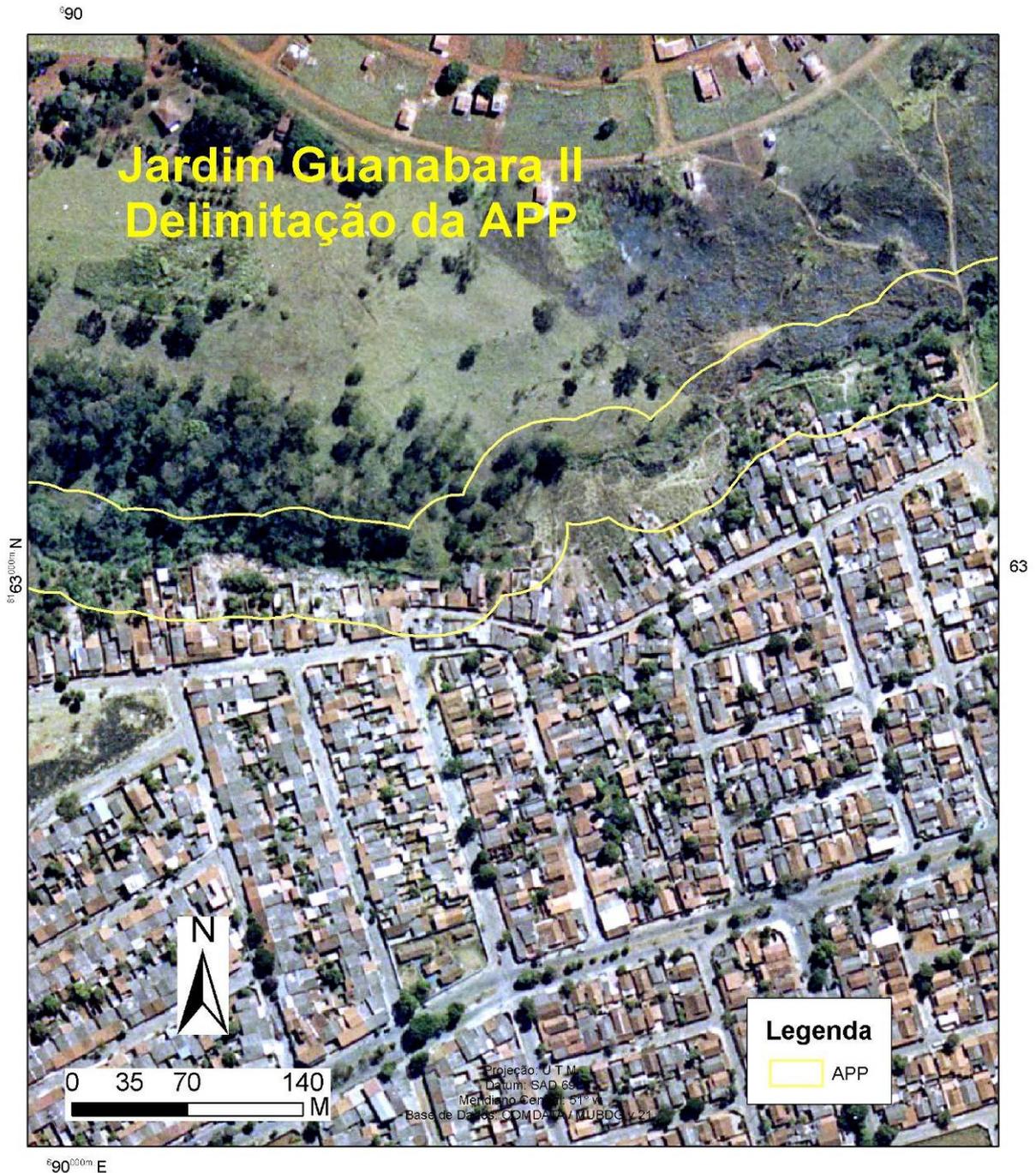


Figura 55 - Área de Preservação Permanente no Bairro Guanabara II, nas proximidades do córrego Pedreira.
Fonte: Ortofoto (2006).

A partir da análise da suscetibilidade à ocorrência dos eventos de inundações e alagamentos, foram observados os riscos para a população que reside na bacia do córrego Pedreira. As áreas de risco de inundação e alagamentos foram hierarquizadas em três níveis com base na frequência do evento e na exposição da população, como pode ser verificado na

tabela 01 que foi apresentada no capítulo 2 deste trabalho. Para definir os riscos aos alagamentos também se levou em consideração a ocupação, a suscetibilidade e a ocorrência de acidentes já registrados.

O risco à inundações alto foi identificado nos locais onde a suscetibilidade é alta e a ocupação apresenta níveis superiores a 60%. O risco maior, para as inundações, está na porção oeste da bacia relacionado ao córrego Pedreira no Jardim Guanabara II e ao córrego Guanabara no bairro de mesmo nome. No primeiro local o risco é maior, pois a ocupação é mais densa nas margens do curso d'água e a frequência e magnitude das inundações é maior. A ocupação densa, coincidindo com o local onde as condições naturais favorecem a ocorrência de inundações, além da recorrência de acidentes torna as margens do córrego Pedreira nas proximidades do bairro Guanabara II, o local com maior probabilidade de riscos da bacia.

O risco médio às inundações foi identificado onde a ocupação é mediana e a suscetibilidade é baixa como é o caso do córrego Pedreira nas proximidades do bairro Vale dos Sonhos II e do córrego Bálsamo nas proximidades do bairro Vale dos Sonhos.

O risco às inundações é baixo onde a suscetibilidade é baixa e a ocupação é inferior a 60%, ou mesmo em áreas não-urbanas. Além de toda a porção da bacia onde as drenagens correm por áreas não-urbanizadas, são parte dessa classe de risco as áreas próximas ao córrego Guanabara onde é localizada a vila Militar e as margens dos córregos Pião e da Barra que seguem pelo condomínio Aldeia do Vale.

Quanto aos níveis de elevação do curso do rio, tem-se que frequentemente o nível da água chega a 30 cm acima do nível da entrada das casas. Esse tipo de inundação, segundo moradores, ocorre todos os anos. Em alguns eventos a água atinge a cintura de uma pessoa adulta. Uma moradora relatou que já saiu de casa grávida e com água no nível da cintura. Em geral o nível da água leva 5 minutos ou menos para subir e em média meia hora para descer e voltar ao leito do rio, ou próximo a ele, após o término das chuvas.

Os locais onde a ocupação é mediana (30 a 60%) e a suscetibilidade aos alagamentos é baixa, o risco a esses alagamentos é baixo. É o caso das chácaras urbanas. Onde a ocupação é inferior a 30% e a suscetibilidade é baixa, o risco conseqüentemente é baixo, como nos bairros localizados à norte do córrego Pedreira, no condomínio fechado e na área militar. Nos locais com ocupação superior a 60% e alta suscetibilidade aos alagamentos, o risco é alto. Nessa classe entram os demais bairros da margem sul do córrego Pedreira, com ênfase para o Jardim Guanabara.

As áreas não parceladas e as com vegetação remanescente não foram consideradas na análise dos riscos por não apresentarem ocupação em números comparáveis às áreas parceladas.

O último tópico desse capítulo trata da análise local das inundações com ênfase no bairro Jardim Guanabara II, onde foram identificadas características que o tornaram suscetível à ocorrência de eventos e à exposição da população aos mesmos.

5.3 Detalhamento do Jardim Guanabara II

O mapa topográfico (figura 56) permite ver que existe na área próxima ao local de maior ocorrência de inundações vertentes que são naturalmente concentradoras de fluxo. No caso das vertentes do córrego Pedreira há um agravante, pois elas ocorrem em ambas às margens nas proximidades do bairro Guanabara II.

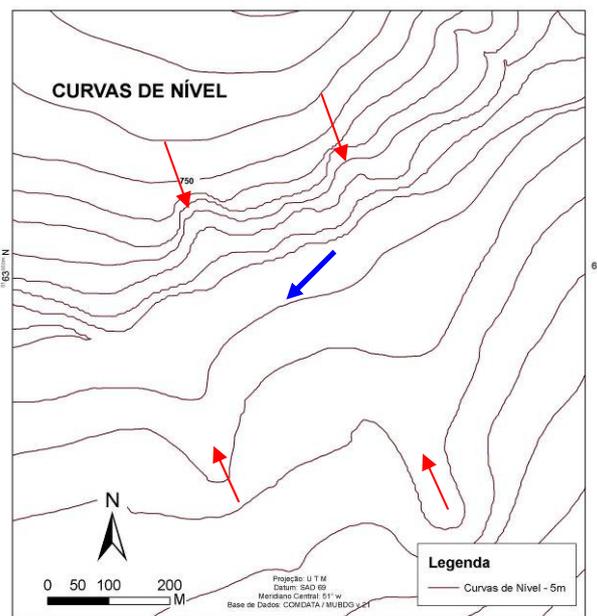


Figura 56 - Curvas de nível no bairro Guanabara II. A seta azul indica o local onde inicia-se a área de maior ocorrência de inundações e as vermelhas as vertentes côncavas concentradoras de fluxo que se localizam próximo a essa área.

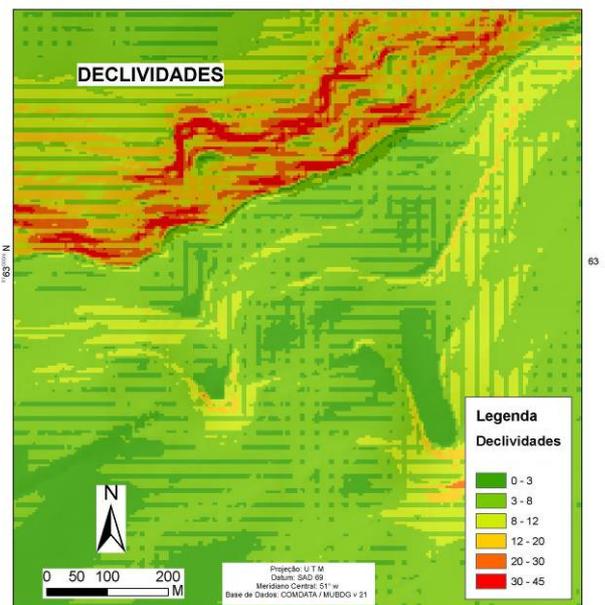


Figura 57 - Carta Clinográfica no bairro Guanabara II.

As vertentes côncavas da margem norte são mais curtas no relevo e as da margem sul são mais longas, o que pode ser observado pelas diferenças altimétricas encontradas na área que são maiores no norte do que no sul. A vertente localizada à direita do mapa foi identificada em campo como sendo uma várzea. Essa porção do relevo não está ocupada apesar de ficar entre dois bairros consolidados (Guanabara II e Asa Branca).

As declividades nessa área (Figura 57) são bem distintas principalmente quando compara-se a margem sul e norte do córrego. Fica evidente que no caso de ocorrência de cheias, as águas encontraram condições favoráveis para extravasarem para a margem sul do córrego, justamente para aquela que é ocupada pelas habitações subnormais.

Os mapas de curvatura de vertentes (Figura 58 e 59) confirmam que esse local onde inicia-se a ocorrência de acidentes tem características naturais que contribuem para que isso ocorra. A vertente côncava da porção sul do detalhamento mostrou-se em todos os mapas como uma área significativa de concentração de fluxo. Não coincidentemente, as inundações mais frequentes ocorrem imediatamente à jusante do local onde esse fluxo concentrado incorpora-se ao córrego Pedreira. Essas concavidades contribuem não só para a ocorrência de inundações, mas também para que haja alagamentos e ainda a combinação dos dois fenômenos.

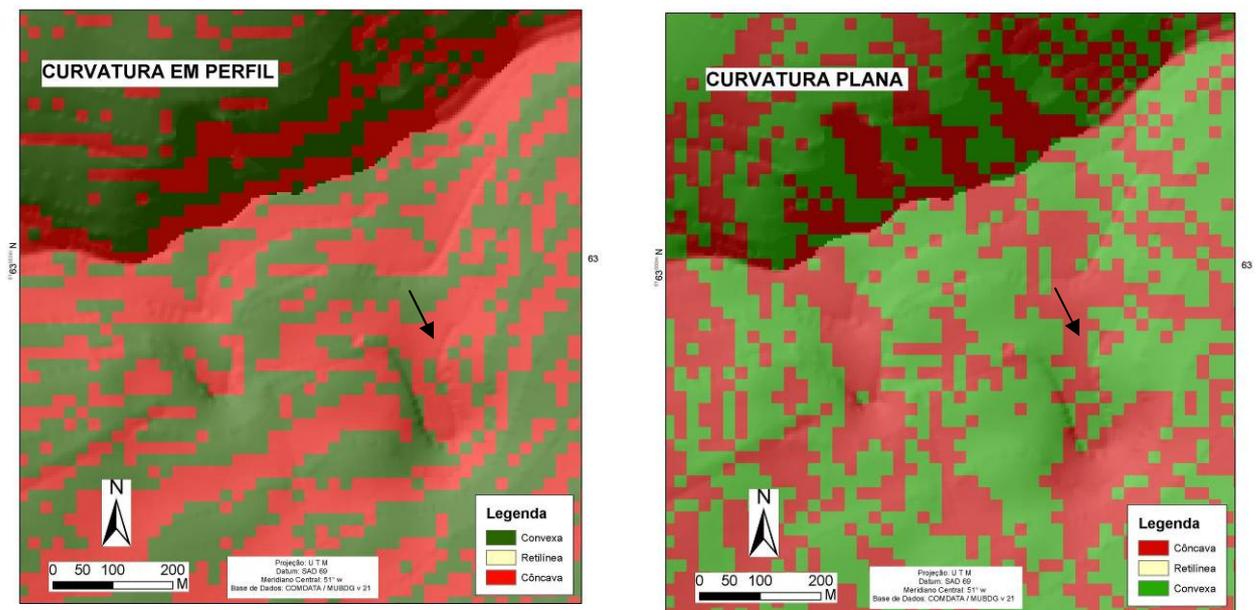


Figura 58 - Curvatura em perfil no bairro Guanabara II.

Figura 59 - Curvatura em planta no bairro Guanabara II.

Para finalizar este capítulo é apresentada uma imagem que mostra vários elementos que permearam a discussão desse e dos demais capítulos. Ao se observar a Figura 60 é possível perceber à direita um lago formado pelo esgoto que é lançado diretamente no leito do córrego, o desmatamento e a ocupação das proximidades do córrego Pedreira, bem como os resquícios de ocupação que ficaram onde existiam as casas dos moradores que foram transferidos pela prefeitura.

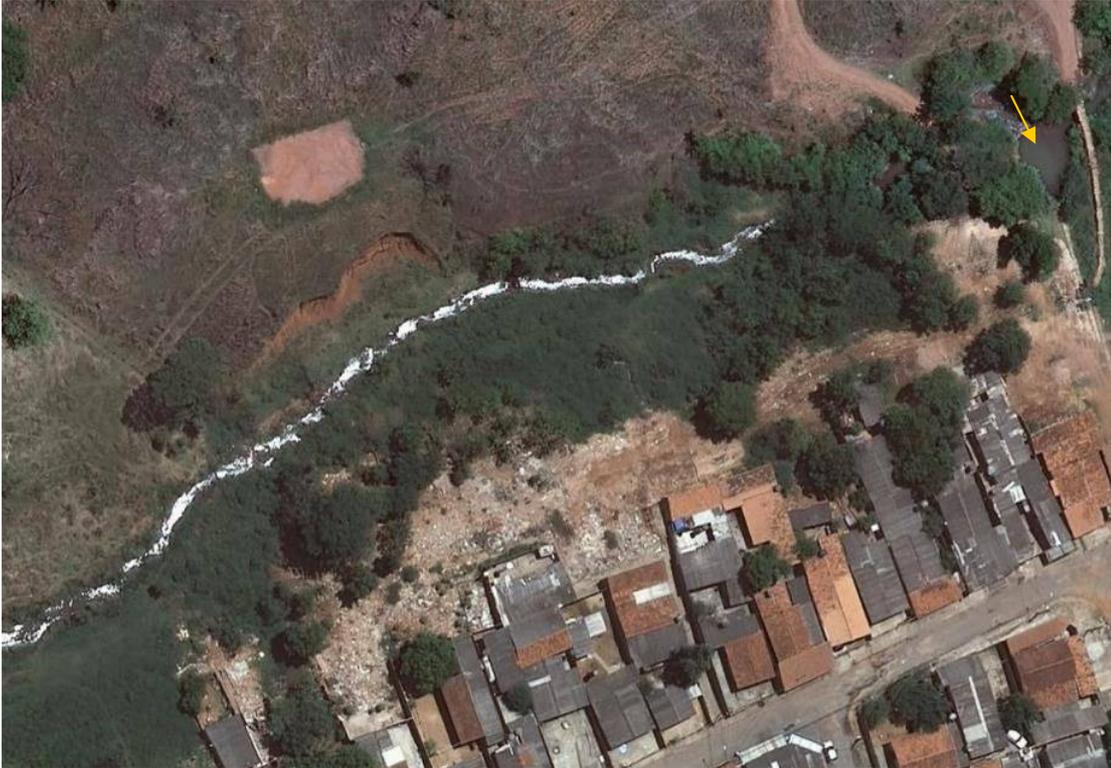


Figura 60 - Moradias subnormais construídas entre o bairro Jardim Guanabara II e o córrego Pedreira. A seta amarela indica o lago formado pelo lançamento de esgoto.

A margem ocupada pelas habitações subnormais mostra a vulnerabilidade da população a eventos de inundação, e o risco de contaminação e propagação de doenças a que ficam expostos os moradores devido à exposição às águas poluídas do córrego. A população excluída social e economicamente torna-se mais uma vez vítima de fenômenos que ela não pode evitar, mas poderia não se expor caso lhes fossem dadas condições.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A maior concentração de eventos de inundação em Goiânia ocorre na porção sul do município, amplamente urbanizada, impermeabilizada e com a rede de drenagem modificada. No entanto, a bacia do córrego Pedreira, localizada na região nordeste da cidade, que não apresenta características semelhantes às bacias da porção sul de Goiânia, pois apresenta inclusive usos rurais, destacou-se pela frequência de acidentes e por sua recorrência. Acrescido a esse fato, tem-se um número significativo de famílias morando em áreas de risco, mais 10% das famílias goianienses que residem em área de risco estão na bacia do córrego Pedreira, o que é um número elevado quando considerada a área da bacia que é de aproximadamente 25 km².

O elevado número de ocorrências é explicado em parte pelas características naturais da bacia, complementado pela forma com que ela foi ocupada. Percebeu-se ao longo do trabalho que há uma combinação de fatores que contribuem para a ocorrência de eventos, uns atuam diretamente, outros não. Mas a soma e/ou relação deles leva ao cenário atual existente na bacia.

A relação que há entre a geologia e a ocorrência de inundações é indireta, pois é a partir da geologia que se compreende a formação do relevo e a de outras características físicas da bacia. A diferença na geologia verificada na bacia mostrou uma tendência de distinção entre o leste e o oeste da bacia, que foi confirmada ao longo do trabalho. Por causa da resistência diferencial das rochas houve intemperismo diferenciado nas mesmas provocando as diferenças encontradas no relevo. Os paraganulitos, mais resistentes ao intemperismo, formaram solos mais rasos e os ortogranulitos, mais suscetíveis ao intemperismo químico, formaram solos mais espessos. A profundidade do solo, aliada a outras características, influencia diretamente na porção do fluxo que infiltra e na que escoam superficialmente.

Em Goiânia as chuvas se concentram no verão, com destaque para os meses de dezembro e janeiro, o que propicia um incremento do escoamento. Ocorrem, ainda, dias consecutivos de chuva intercalados por dias consecutivos sem chuva ou com baixo índice pluviométrico. Essa concentração de dias consecutivos com chuva favorece as inundações, pois além de provocar a saturação do solo, ocasiona ainda um aumento gradativo e constante da vazão.

Com relação à geomorfologia, há maior dissecação do relevo na porção leste e menor na oeste, o que favorece o escoamento no leste e a concentração de fluxo no oeste,

onde ocorrem as inundações. Ainda em referência à geomorfologia, e as suas características morfológicas e morfométricas, considera-se que na bacia do córrego Pedreira vários fatores têm colaborado para a ocorrência de inundações. Pode-se citar a alta declividade nas porções superiores da encosta, a rugosidade do relevo, as variações hipsométricas, a tendência à concentração de fluxo em alguns segmentos côncavos da bacia. A partir da análise da densidade de drenagem percebeu-se que há no compartimento leste maior número de canais de drenagem, o que facilita o escoamento do fluxo em casos de precipitações extremas. O que não ocorre na porção oeste, onde o canal principal recebe contribuição de todos os demais, somado ao escoamento que vem diretamente das vertentes. A assimetria do vale, nos locais onde ocorrem as inundações, favorece o extravasamento no sentido preferencial da margem que oferece menor resistência, que é justamente a ocupada.

A análise desses aspectos leva à conclusão que a bacia do córrego Pedreira possui suscetibilidade à ocorrência de inundações. Os fenômenos naturais, que são parte de uma dinâmica integrada, desencadeiam os eventos, sem, no entanto existir um ou outro fator responsável pela ocorrência do evento, existindo sim diferenciação na intensidade da interferência de cada fator. Porém, o que determina o risco à população, que esse fenômeno oferece, é a ocupação.

A maior concentração de bairros na bacia do córrego Pedreira está na sua porção sul, predominando na porção norte a ocupação por usos rurais. Na bacia também são encontrados remanescentes de vegetação natural. Os maiores níveis de ocupação ocorrem na porção sudoeste da bacia, na qual o nível de ocupação chega a quase 100%. Na porção sudeste a ocupação é mediana, assim como na porção central. Os bairros com baixos níveis de ocupação ocorrem em menor número.

O mapeamento da ocupação contribuiu para a identificação das áreas não edificadas e para a observação do potencial para ocorrência de infiltração e conseqüentemente das áreas onde ocorrem maiores níveis de escoamento superficial. Os índices encontrados mostram que as taxas de áreas livres de edificações e, portanto com possibilidade de infiltração nos bairros da bacia, são muito variáveis, aparecendo valores como 7,5% no Jardim Guanabara, que é um bairro consolidado, até a de 100% no bairro João Paulo II, que começou a ser implantado. Destaca-se que o local com maior ocorrência de inundações está localizado à jusante da porção mais urbanizada da bacia e, portanto recebe maior quantidade de fluxo do escoamento superficial.

Assim, a ocupação das áreas de preservação permanente nas margens dos cursos d'água expõe a população aos eventos de inundação, já que o homem além de ocupar um

espaço onde sua intervenção vai intensificar fenômenos como o das inundações, ainda fica sujeito à ação desse fenômeno.

A partir desse diagnóstico analítico, sugere-se para pesquisas futuras realizar o zoneamento detalhado dos riscos, o estudo sobre as ações de mitigação dos impactos decorrentes desse fenômeno, bem como a análise das possíveis medidas estruturais e não estruturais a serem tomadas para que o número de ocorrência de eventos e sua magnitude também sejam minimizados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALHEIROS, M. M. *et. al.* **Como Gerenciar Morros**. Parte “E” do manuscrito: Morros - manual de ocupação. Prefeitura Municipal de Recife, Recife-PE, 2003.

ANTUNIASSI, M. H.; REISMANN, L. **Características socioambientais da Bacia Hidrográfica do Rio Ribeira de Iguape**. Cadernos CERU, série 2, n. 12, 2001.

ASSAD, M. L. L.; ASSAD, E. D.; EVANGELISTA, B. A. **Chuvvas extremas na região dos cerrados**. Brasília: s.n., 1994.

BIASI, M. de (1970). **Carta de declividade de vertentes: Confeção e utilização**. *Geomorfologia* 13(21): 8-13.

BOTELHO, R. M. G; SILVA, A. S. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. (Org.). **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. 2^o ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. p. 153- 192.

BRASIL. *Lei n.º. 4.771, de 15 de Setembro de 1965*. Código Florestal.

BRASIL. *Lei n. 6.766, de 19 de Dezembro de 1979*. Lei do Parcelamento do Solo Urbano.

CANIL, K. **Indicadores para Monitoramento de processos Morfodinâmicos: aplicação na Bacia do Ribeirão Pirajuçara (SP)**. Tese (Doutorado). USP: São Paulo, 2006.152f.

CAMPOS A. B. et al. Análise do comportamento espacial e temporal das temperaturas e pluviosidades no estado de Goiás. In: ALMEIDA, M. G. (Org.) **Abordagens Geográficas de Goiás: O natural e o social na contemporaneidade**. Goiânia: IESA, p. 91-118, 2002

CAMPOS, J. E. G., et al. **Diagnóstico Hidrogeológico da Região de Goiânia**. AGIM/GO Superintendência de Geologia e Mineração da Secretaria da Indústria e Comércio, Goiânia, GO, 2003, 125 pp.

CASSETI, V. Geomorfologia do município de Goiânia-GO. **Boletim Goiano de Geografia**, 12 (1): 65-85, Jan./Dez., 1992.

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 AMARAL, C.P. (1998). Riscos Geológicos. In: OLIVEIRA, A.M.S. e BRITO, S.N.A. (org). **Geologia de Engenharia**. São Paulo: ABGE, p. 301-310.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2a ed.. São Paulo: Ed. Edgard Blücher Ltda, 1980, 188p.

COMDATA - Cia. de processamento de dados do município de Goiânia.. MUBDG –**Mapa Urbano Básico Digital de Goiânia**. CD-ROM Profissional Versão 13 - Parte integrante do SIGGO V13. Prefeitura de Goiânia, 2001.

COMDATA - Cia. de processamento de dados do município de Goiânia. MUBDG – **Mapa Urbano Básico Digital de Goiânia**. CD-ROM Profissional Versão 20 – Parte integrante do SIGGO V13. Prefeitura de Goiânia, 2007.

COSTA, N. M. C. e SILVA, J. G, 2004. Geoprocessamento aplicado à criação de planos de manejo: o caso do Parque Estadual da Pedra Branca. In: Jorge Xavier da Silva; Ricardo Tavares Zaidan. (Org.). **Geoprocessamento e Análise Ambiental: Aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004, v., p. 67-114.

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 Acesso em: 30/07/2008.

CUNHA, M. A. (Coord.). **Ocupação de encostas**. São Paulo: IPT, 1991.

DEFESA CIVIL. Risco de desastres relacionado com incremento de precipitações hídricas e com as inundações, **Relatório Técnico**, Goiânia, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília. EMBRAPA Produção Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999.

FERREIRA, D.F. et al. **Impactos sócio-ambientais provocados pelas ocupações Irregulares em áreas de interesse ambiental em – Goiânia –GO (2004)**. Disponível em <<http://www.ucg.br/nupenge/download.htm>> acessado em 14 de junho de 2007.

FREITAS, M. W. D. de; CUNHA, S. B. da. Fisiologia da Paisagem e Geossistemas: Contribuições metodológicas do pensamento geográfico. **Anais... X Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**, 2003. Disponível em: <http://geografia.igeo.uerj.br/xsbgfa/cdrom/eixo3/3.2/269/269.htm>. Acesso em: 09/08/2008.

GUERRA, A. J. T. Encostas e a questão ambiental. In: CUNHA, S. B. & GUERRA, A. J. T. A. (Org.). **Questão Ambiental: Diferentes abordagens**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003, p. 191-218.

GUERRA, A.J.T. e MARÇAL, M. dos S. **Geomorfologia Ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006. 192p.

IBGE. Banco de Dados Agregados. **Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 16 jan. 2009.

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

LOPES, L.M.; ROMÃO, P.A. Geomorfologia Urbana da Região Metropolitana de Goiânia. In: **Guia de Excursões**. VI Simpósio Nacional de Geomorfologia/Regional Conference on Geomorphology. Goiânia: IESA (UFG), 2006.

LUCHIARI, A.; KAWAKUBO, F.S. e MORATO, R. G. 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.

MOREIRA, C. V. R.; PIRES NETO, A. G. Clima e Relevo. In: OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A. **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998.

MORETON, L.C. Estratigrafia. In: Moreton, L.C. (org.) **Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil: Goiânia – Folha SE.22-X-B-IV**. Estado de Goiás. Escala 1:100.000. DNPM/CPRM, Brasília, DF, 1994, 124 p.

MOURA, T.A.M. Estudo Experimental de Superfícies Permeáveis para o Controle do Escoamento Superficial em Ambientes Urbanos. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2005. 117p.

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**. 2^o ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. p. 153- 192.

NUNES, J. O. R. et al. **A influência dos métodos científicos na Geografia Física**. Terra Livre: Presidente Prudente. Ano 22, v.2, n. 27. p. 119-130. Jul-Dez/2006

OLIVEIRA, L. M. **Guia de prevenção de acidentes geológicos urbanos**. Curitiba: Mineropar, 1998.

PARKINSON, Jonathan et al. Drenagem Urbana Sustentável no Brasil. **Relatório do workshop em Goiânia – GO**. 7 de Maio de 2003. Goiânia: CREEA, 2003

ROCHA G. L.; ROBAINA, L. E. de S. e GUARESCHI, V. D. Descrição do Relevo na Bacia Hidrográfica do Arroio São João, Nova Esperança do Sul - RS. **Anais do XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada – 05 a 09 de setembro de 2005 – USP**. Disponível em: <http://www.ufsm.br/lageolam/arquivos/rocha.pdf>. Acesso em: 15/08/2009.

SANTOS, M.. **Espaço e Método**. São Paulo: Nobel, 1985.

SANTOS, M. **A Urbanização Brasileira**. 3^a Ed. São Paulo: Hucitec, 1996.

SANTOS, K. R. Inundações no Baixo Curso do Córrego dos Góis em Anápolis (GO): condicionantes naturais e antrópicos. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA – SBGFA, 12, 2007. **Anais...** Natal: UFRN, disco compacto, 2007.

SANTOS, K. R.; LACERDA, H. Carta de Riscos Geomorfológicos 1/20.000 do Baixo Curso do Córrego dos Góis em Anápolis (GO). In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEG, 5º, 2007, Anápolis. **Anais...** Anápolis, UEG, disco compacto, 2007, 6p.

SANTOS, K. R. e LEMES, S.S. Elaboração de Cartas de Riscos Geomorfológicos 1/10.000 em Áreas Amostrais na Bacia do Córrego dos Góis em Anápolis (GO). SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA – SINAGEO, 12, 2008. **Anais...** Belo Horizonte: UFMG, disco compacto, 2008.

SILVA, A. M. *et al.* **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas.** São Carlos: RIMA, 2003.

SILVEIRA, A.L.L. Provável Efeito Urbano nas relações IDF das chuvas de Porto Alegre. In: TUCCI, C.E.M e MARQUES, D.M.L.M. (org). **Avaliação e Controle da Drenagem Urbana.** Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 2000.

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 de Geologia Aplicada (Unesp), 1996.

SOUZA, C.R de G. Risco a inundações, enchentes e alagamentos em regiões costeiras. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC. P. 231-247. (CD-ROM)

TUCCI, C. E. M. Inundações Urbanas. In: TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L.; BARROS, M. T. (org). **Drenagem Urbana.** Porto Alegre: ABRH - UFRGS, 1995, p. 15-35.

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. Águas Urbanas. In: TUCCI, C.E.M e BERTON, J.C. (org). **Inundações Urbanas na América do Sul.** Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003a.

TUCCI, C.E.M. Inundações e Drenagem Urbana. In: TUCCI, C.E.M e BERTON, J.C. (org). **Inundações Urbanas na América do Sul.** Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003b.

TUCCI, C.E.M e BERTON, J.C. Urbanización. In: TUCCI, C.E.M e BERTON, J.C. (org). **Inundações Urbanas na América do Sul.** Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003.

TUCCI, C.E. M; VILLANUEVA, A ; CRUZ, M. Banco de Eventos de cheias de bacias urbanas brasileiras. In: **Avaliação e controle da drenagem urbana.** Editora da UFRGS/ABRH, 2000.

VALERIANO, M.M. Curvatura a vertical de vertentes em microbacias pela análise de modelos digitais de elevação. **Revista Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.3, p.539-546, 2003.

XAVIER DA SILVA, J. Geomorfologia e Geoprocessamento. In: **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. GUERRA, A.J.T. e CUNHA, S. B. (orgs.). Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 6ª edição. p. 393-414.

APÊNDICE A - Entrevista (Roteiro)

Tema: Inundações

- ✓ Nome?
- ✓ Endereço (bairro, rua e quadra)? Reside ou trabalha na área?
- ✓ Há quanto tempo mora nesse local?
- ✓ Qual a sua origem? (cidade, estado ou bairro)?
- ✓ Que fatos motivaram sua vinda para este local?
- ✓ Você gosta de morar aqui?
- ✓ Sua casa (estabelecimento comercial) inunda? Com que frequência?
- ✓ Há quanto tempo ocorre inundações neste local?
- ✓ Quantas vezes ocorreram inundações nesse último período chuvoso?
- ✓ Em geral a que nível a água chega?
- ✓ Qual foi o nível máximo e quando?
- ✓ Quando inunda quanto tempo em média à água leva para voltar ao nível do rio (córrego)?
- ✓ Quanto tempo depois que começa a subir o nível do rio em quanto tempo ele chega a sua casa?
- ✓ Depois que sua casa é atingida quanto tempo demora para a água começar a baixar?
- ✓ Só inunda quando chove aqui ou quando chove em outros locais da cidade também afeta esse local? (Indicar a região onde ocorre a chuva que resulta em inundações)
- ✓ Você sabe como se deu o loteamento dessa área? Você adquiriu o lote quando o loteamento se estabeleceu ou comprou de terceiros? Como você adquiriu este imóvel? (imobiliária, comprou de terceiros, invasão)
- ✓ Por que permanecem morando ou trabalhando aqui apesar das inundações?
- ✓ Você tem vontade de se mudar?
- ✓ Para você quais seriam as possíveis causas dessas inundações?
- ✓ E quais seriam as possíveis soluções?
- ✓ Como você percebe que o nível do rio vai subir?
- ✓ O que você sente quando percebe que o nível da água vai subir?
- ✓ E que medidas você toma nesse momento?
- ✓ Quais são as medidas preventivas adotadas? (para preservação de bens materiais e de vidas humanas, principalmente das pessoas vulneráveis).
- ✓ Vocês já procuraram o poder público para pedir soluções? Os moradores já se organizaram em torno dessa questão? E que respostas vocês obtiveram?
- ✓ As inundações já causaram algum prejuízo à saúde das pessoas que moram aqui? Quais?
- ✓ Que tipos de prejuízos a inundações já causou a você?(materiais, desconforto, medo). E os lotes são desvalorizados devido às inundações?