

## MAPEAMENTO E AVALIAÇÃO DO RISCO A INUNDAÇÃO DO RIO CACHOEIRA EM TRECHO DA ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE ITABUNA/BA

### Mapping and risk evaluation of Cachoeira River flooding in some urban areas of Itabuna City, Brazil

*Silmara Borges da Hora*

Mestranda em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente pela Universidade Estadual de Santa Cruz  
Ilhéus/BA – Brasil  
silmarahora@yahoo.com.br

*Ronaldo Lima Gomes*

*Doutor em Geotecnia pela Universidade de São Paulo  
Professor Adjunto da Universidade Estadual de Santa Cruz  
Ilhéus/BA – Bahia  
rlgomes@uesc.br*

Artigo recebido para publicação em 31/03/09 e aceito para publicação em 14/07/09

**RESUMO:** *Os mapas de inundação se configuram em um instrumento importante na prevenção, controle e gestão das inundações, pois através deles é possível definir as áreas de risco. Itabuna município localizado ao sul da Bahia, com cerca de 97,20% (IBGE, 2000) de sua população vivendo na zona urbana, vem sofrendo com as constantes cheias do rio Cachoeira. Em geral, ocorrem cheias anuais que inundam, principalmente, trechos de ocupação subnormal ao longo do rio. Dessa forma, o objetivo dessa pesquisa foi reconhecer e mapear os aspectos físico-ambientais de trecho do rio Cachoeira que engloba os aglomerados subnormais do Bananeira, Rua Beira Rio e Jaçanã, tendo em vista a sua avaliação frente ao fenômeno de inundação e enfatizando a definição das áreas potenciais de risco. Assim, com a utilização do programa ArcView foi possível elaborar um mapa de risco com manchas de inundação para vários períodos de retorno. As áreas de risco com maiores problemas em relação às inundações são as áreas subnormais, principalmente, em função da vulnerabilidade habitacional e da ocupação desordenada, onde a maioria das habitações é constituída por barracos.*

**Palavras-chave:** Risco a inundação. Mapa de risco. Áreas de risco. Inundação.

**ABSTRACT:** *The flooding maps are a very important instrument to prevent, control and manage the inundations, because of them, it is possible to determine the risk areas. Itabuna is located on the south of Bahia and has about 97.20% (IBGE, 2000) of its population living in urban areas. The city has been suffering with the constant Cachoeira River flood. In general, the time of high water causes inundation, mainly in the area of irregular occupation along the river. Thus, the purpose of this research was recognizing and mapping the physical and environmental aspects of a specific area along the Cachoeira River, which includes the subnormal agglomerates Bananeira, Rua Beira Rio and Jaçana, considering their evaluations in face of inundation phenomenon and emphasizing the definition of potential risk areas. Therefore, It was possible to elaborate, with the support of the*

*ArcView software, a risk map with inundation stains for many cycle periods. The risk areas with major problems are in those subnormal areas, mainly because of the vulnerability of the habitations and the irregular occupation where most of the dwelling are shanties.*

**Keywords:** Inundation risk. Risk map. Risk areas. Flooding

---

## 1. INTRODUÇÃO

A ocorrência de inundações tem se intensificado e tornado mais freqüente a cada ano, áreas urbanas e ribeirinhas são afetadas em todo mundo e isso tem causado muitos prejuízos. No Brasil, segundo o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT/CGE, 2002), as inundações causam perdas de 1 bilhão de dólares por ano, principalmente, em razão da ocupação desordenada das margens de rios e impermeabilização do solo de bacias urbanas. Nesse contexto, a cidade de Itabuna, que se desenvolveu às margens do rio Cachoeira, possui um vasto histórico de ocorrência de cheias e inundações. Em geral, ocorrem cheias anuais que inundam, principalmente, trechos de ocupação subnormal ao longo do rio. Entretanto, grandes cheias, que ultrapassam as adjacências das margens, também são esperadas em tempo de recorrência maiores. Em 27 de Dezembro de 1967, por exemplo, ocorreu a mais destrutiva de todas as inundações, momento em que praticamente todo o centro comercial da Cidade ficou encoberto com pelo menos 1m de lâmina d'água.

De acordo com a Prefeitura Municipal de Itabuna (PMI, 2001), a implantação das rodovias BR-101 e BA-262, além de outras vicinais que interligam a cidade de Itabuna a outros municípios da região provocou a desativação de antigas rotas e passagens de tropeiros contribuindo para o aparecimento de áreas de ocupação subnormal às margens do Rio Cachoeira, decorrente do estabelecimento de retirantes oriundos da zona rural, a exemplo das áreas dos aglomerados subnormais Bananeira e Beira Rio.

A ocupação desordenada às margens do rio configura, em períodos de enchentes, um cenário de calamidade pública marcado por ocorrência de

desabrigados, desabamento de moradias, acúmulo de lixo e entulhos, além do aumento de casos de doenças de veiculação hídrica. Tal quadro é cíclico, pois, após o evento de enchente, tendo o nível de água voltado ao seu curso normal, a população das áreas afetadas retorna ao espaço anteriormente ocupado ficando a mercê do próximo evento. Nesse contexto, o risco ambiental é eminente, mas parece não se configurar como empecilho à permanência da população no local, sendo evidente a necessidade do planejamento institucional do espaço de risco. Para isso se faz necessário o reconhecimento da área, avaliando-se os impactos ambientais e sociais dessas inundações. Outro aspecto de suma importância nesse processo é a regulamentação das áreas de inundação, definindo através de visualização gráfica as zonas de risco, sendo o processo de mapeamento um instrumento essencial no controle e prevenção.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. O Conceito de risco natural

O conceito de risco é utilizado nas mais diversas áreas do conhecimento, o que permite a existência de uma grande variedade de riscos, como os riscos econômicos, sociais, industriais, tecnológicos, naturais e ambientais.

Segundo relatório da *International Strategy for Disaster Reduction* (ISDR, 2007), o risco pode ser definido como a probabilidade de conseqüências prejudiciais, ou perdas previstas (mortes, ferimentos, propriedade, meios de subsistência, interrupção de atividade econômica ou destruição ambiental) resultando das interações entre perigos naturais ou sociais e circunstâncias vulneráveis.

O risco implica a proximidade de um dano ou adversidade o que pode afetar a vida dos homens. Não existe risco sem que uma população ou indivíduo que o perceba e que poderia sofrer com seus efeitos (VEYRET, 2007).

Segundo Westen et al. (2006), uma das melhores definições utilizadas para o risco é a apresentada por Vames (1984), que conceitua o risco decorrente do número previsto de vidas perdidas, de pessoas feridas e desestabilização de atividades econômicas, devido a um fenômeno particular ocorrente em uma área em um dado período. Para Westen et al. (2006) o risco pode ser esquematicamente representado pela seguinte fórmula:

$$Risco = \sum (H \sum (VA)) \quad (1)$$

Onde:

- **(H)** é representado pelo perigo expressado em função da probabilidade da ocorrência dentro de um período de frequência,
- **(V)** representa a vulnerabilidade física dos elementos que estão expostos ao risco, sendo atribuído um valor (0 a 1) para cada elemento;
- **(A)** significa os danos causados aos elementos que estão em risco.

As avaliações do risco incluem a compreensão quantitativa e qualitativa detalhada do risco, seus fatores físicos, sociais, econômicos e ambientais como também as suas conseqüências. A avaliação abrange o uso sistemático da informação disponível para determinar a probabilidade de determinada ocorrência dos eventos e o valor de suas conseqüências possíveis (ISDR, 2007). O processo de avaliação inclui: identificar a natureza, a posição, a intensidade e a probabilidade de uma ameaça; determinar a existência e o grau de vulnerabilidades e de exposição das ameaças; identificar as capacidades e os recursos disponíveis endereçar ou controlar ameaças e determinar níveis aceitáveis de risco.

O risco não pode ser evidenciado sem se avaliar o contexto histórico que os produziu, as relações

com o espaço geográfico, os modos de uso e ocupação do solo e as relações sociais. Por reunir todos esses atributos, a cidade concentra um grande número de riscos, sobretudo em função da densidade da ocupação do solo, da natureza e da tipologia das construções, da existência de tipos de redes de água, eletricidade, esgoto (VEYRET, 2007).

## 2.2. O risco a fenômenos de inundação

De acordo com ISDR (2003), as inundações representam um dos fenômenos naturais mais ocorrentes no mundo, afetando numerosas populações em todos os continentes. Na América do Sul, entre os anos de 1973 a 2002 foram registrados cerca de 240 eventos de inundação, isso faz com que a região se destaque como a terceira com maior número de incidência de inundações.

As inundações causam impactos desastrosos nas áreas afetadas, provocando perdas humanas e materiais. No ano de 2007, no mundo foram afetadas pelas inundações 164.662.775 pessoas e dessas 8.382 tiveram suas vidas perdidas (ISDR 2007). Gerhard Berz (2000) destaca que mais de 250 bilhões de dólares foram utilizados, nos últimos dez anos, no ressarcimento dos danos causados por inundações no mundo.

As inundações têm causado também grandes desastres à população brasileira principalmente em razão da ocupação desordenada no leito maior dos rios e impermeabilização do solo das bacias urbanas. Dessa forma, é possível afirmar que a falta de uma política de monitoramento e controle das inundações tem aumentado os prejuízos e perdas nas cidades, ocasionados pela falta de planejamento do espaço ocupado, conhecimento do risco das áreas passíveis a inundação e interesse na solução desse problema.

## 2.3. As cheias do rio Cachoeira em Itabuna – Aspectos históricos

A cidade de Itabuna possui um vasto histórico relacionado às inundações urbanas provocadas pelas cheias do rio Cachoeira. De acordo com Andrade (1968), a primeira grande inundação registrada foi a

de 1914 que levou, na época, à destruição de quase todas as casas situadas às margens do rio. Já a de 1920 foi considerada, até então, a mais famosa das inundações, momento em que a “Ilha do Capitão Aristeu” passou a ser chamada de “Ilha do Jegue”, em função de episódio popular envolvendo o aprisionamento do animal na ilha até o rebaixamento do nível d’água. Relatos de cheia em 1947, também são descritos por Andrade (1968), que narra ocorrências de inundação em bairros como Mangabinha, Burundanga, Bananei-

ra, Berilo, dentre outros. Em 27 de dezembro de 1967 ocorreu a mais destrutiva de todas as inundações, segundo registros históricos todo o centro da cidade de Itabuna ficou alagado; o que ocasionou grandes prejuízos ao comércio local. Em dezembro de 2007, mais um episódio de inundação causou prejuízo e destruição em alguns bairros da cidade. Nessa oportunidade, de acordo com dados da Prefeitura Municipal de Itabuna, mais de cem famílias ficaram desabrigadas e outras cem se encontraram em situação de risco (FIG. 1).



FIGURA 1. Fotografias da enchente de 1967 e 2007.

Fonte: Cedoc, UESC.

#### 2.4. Métodos existentes de avaliação e controle da inundação

Segundo Tucci (2005), a gestão e o combate ao risco à inundação acontecem através da utilização de medidas de controle da inundação que visam tornar mínimo o risco das populações que estão expostas, diminuindo os prejuízos causados. Essas medidas podem ser do tipo estrutural e não estrutural. As medidas estruturais fundamentam-se em obras de engenharia que são implementadas para reduzir o risco de enchentes, e são classificadas em extensivas que atuam na bacia modificando o sistema fluvial, e intensivas que são realizadas no rio e tem como propósito evitar o extravasamento do escoamento para o leito maior decorrentes das enchentes. Essas medidas são fundamentais para a avaliação, controle e gestão dos impactos causados pelas inundações dentro das cidades. Contudo, são medidas onerosas.

As medidas não-estruturais, de acordo com

Tucci (2005), se destacam pela tentativa de diminuir prejuízos em função da melhor convivência da população com as cheias. Elas não são planejadas para dar uma proteção completa, pois para isso seria necessário a proteção contra a maior enchente possível. Dentre as medidas não estruturais, as principais são as preventivas podendo ser citadas: previsão e alerta de inundação; zoneamento das áreas de risco de inundação; seguro e proteção individual contra inundação.

#### 2.5. O Mapeamento de áreas de risco a inundação

A aplicação da cartografia na identificação e diagnóstico de áreas de risco tem sido bastante explorada em diversas cidades brasileiras, surgindo então várias metodologias, as quais de modo geral, têm como base a combinação de dados e informações referentes a aspectos geológicos (litologia), geomorfológicos (declividade, hipsometria, etc.) e de uso do solo (tipologias de ocupação, tipos de vegetação etc.). Dessa forma, a cartografia assume um papel importante

na gestão do risco, pois através dela é possível elaborar mapas associando os conhecimentos físico, ambientais e sociais que interferem na dinâmica das inundações.

O mapa de áreas de risco à inundação é um instrumento importante na prevenção, controle e gestão das inundações. De acordo com Veyret (2007), assinalar o risco em um mapa equivale a afirmar o risco no espaço em questão. O zoneamento e a cartografia que o acompanham constituem a base de uma política de prevenção. (VEYRET, 2007).

Tucci (2005) descreve que os mapas de inundação de cidades são de dois tipos: mapas de planejamento e mapas de alerta. Os mapas de planejamento definem as áreas atingidas por cheias de tempo de retorno escolhidos. Enquanto que os mapas de alerta são preparados com valores de cotas em cada esquina da área de risco permitindo o acompanhamento da enchente por parte dos moradores, com base nas observações do nível de água em relação às réguas.

Ainda de acordo com Tucci (2003), com a utilização dos mapas de inundação é possível definir o zoneamento das áreas de risco à inundação. Estes mapas devem apresentar, também, informações sobre o grau de risco de cada área e os critérios de ocupação das mesmas, tanto quanto ao uso como quanto aos aspectos construtivos.

O zoneamento determina os espaços em que existe um alto risco e por isso, em que a ocupação deve ser planejada, regulamentada e às vezes, proibida por diretrizes e normas legais. Segundo Veyret (2007), ao apresentar o zoneamento, o mapa confere ao risco um caráter objetivo. A determinação dos limites destas áreas dá-se em função do grau de risco que admissível em cada uma delas.

Castilho e Giotto (2004) identificam e quantificam áreas sujeitas a inundação bem como a sua interferência em áreas e zonas de uso urbano do município de Dom Pedrito-RS. Neste trabalho, os autores apresentam uma sistematização metodológica que é desenvolvida com base em técnicas de geopro-

cessamento, onde são apresentados na forma de mapas temáticos os produtos das técnicas utilizadas e a análise dos cruzamentos dos vários planos de informações com a área de risco de inundação, sendo salientadas as várias possibilidades de uso da planta digital no estudo e apoio à tomada de decisão na condução da política urbana.

Técnicas de geoprocessamento foram também utilizadas por Alcântara e Zeilhofer (2006) para avaliação de enchentes urbanas em Cáceres-MT. Na metodologia proposta foram processados no software de geoprocessamento SPRING (INPE) plantas planialtimétricas e interpolados modelos digitais de terreno (MDT). Análises de dados pluviométricos do período compreendido entre 1991 a 2003 e pesquisas junto à população foram efetuadas para a definição da real data do maior evento ocorrido e a estipulação da cota máxima de inundação. Um mapa temático dos riscos de enchentes pluviais foi elaborado após a geração de um modelo digital de terreno utilizando como cota média de inundação uma altitude de 117,26 m.

O Programa de Redução de Riscos do Ministério das Cidades (BRASIL, 2007) propõem uma metodologia para mapeamento de áreas de risco de enchentes e inundações elaborado pelo Instituto de Pesquisa Tecnológica – IPT- que segue os seguintes passos: a) identificação e delimitação preliminar de área de risco em fotos aéreas de levantamentos aerofotogramétricos, imagens de satélite, mapas, guias de ruas, ou outro material disponível compatível com a escala de trabalho; b) identificação de área de risco e de setores de risco (setorização preliminar) em fotos aéreas de baixa altitude (quando existir); c) levantamentos de campo para setorização (ou confirmação, quando existir a pré-setorização), preenchimento da ficha de cadastro e uso de fotos de campo. Após o zoneamento de áreas de risco a inundação, bem como a produção de informações de diagnósticos e prognósticos levantadas pelo estudo, os dados podem ser utilizados pelo poder público no sentido de apoio a regulamentação das áreas de risco a inundação. Estes elementos devem estar contidos no Plano Diretor da Cidade já que a ordenação do processo do uso e ocupação do solo urbano é uma atividade de competência municipal.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo desta pesquisa abrange um polígono de 1,72km<sup>2</sup>, localizado na porção sudoeste da cidade de Itabuna-BA, que engloba trecho do rio Cachoeira de aproximadamente 2000m de extensão. Dentro desta área localizam-se os aglomerados subnormais da Rua Beira Rio, da Bananeira e Jaçanã,

ocupações estas reconhecidamente susceptíveis aos fenômenos de inundação do rio. Os limites laterais da área foram definidos em função do alcance das cotas de inundação com tempo de recorrência de 100 anos. A FIG. 2 apresenta a base cartográfica da área em estudo englobando o trecho do rio Cachoeira entre 600m a montante e 1600m a jusante da ponte da BR 101.

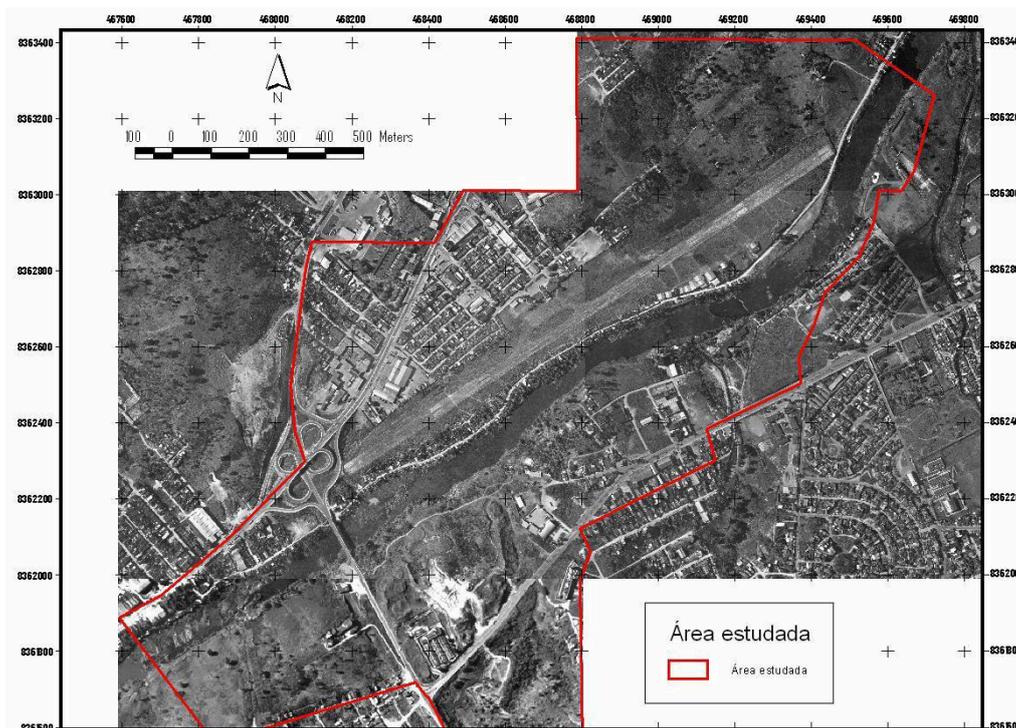


FIGURA 2. Localização da área em estudo.

Fonte: CONDER, 2002.

A base cartográfica utilizada foi a da SICAR/CONDER (Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia) na escala de 1:2000 realizada para o sítio urbano de Itabuna. Esta base contém informações de planimetria e de altimetria (curvas de nível com equidistância de 1m) e abrange o trecho urbano do rio Cachoeira na cidade de Itabuna que vai de Feradas até Vila da Paz. Também foram selecionadas fotografias aéreas orto-retificadas e georeferenciadas da SICAR/CONDER na escala 1:8.000 do ano de 1998 (WGS 1984/UTM ZONA 24S).

A partir da manipulação da base cartográfica em ambiente de Sistemas de Informação Geográfica –

SIG foi possível o reconhecimento da distribuição da hipsometria, da declividade e das formas de relevo na área em estudo. As curvas de nível da base cartográfica com intervalos de 1 metro foram úteis para a elaboração do MDT – Modelo Digital do Terreno, obtido pelo método da triangulação de Delauney, que utiliza grade triangular irregular (TIN) para interpolação de curvas de nível. Em seguida, o MDT gerado foi transformado em arquivo do tipo “raster” ou “grid” com dimensão de “pixel” de 1m, compatível com a escala da base cartográfica e das fotografias aéreas. O arquivo “raster” foi utilizado para a geração da distribuição da hipsometria e das declividades da área. Utilizando conjuntamente os dados hipsométricos e de declividade elabo-

rou-se o mapa de distribuição das formas de relevo na área em estudo.

Dados a respeito das características do Substrato rochoso foram extraídos a partir de dados secundários obtidos em Arcanjo (1997).

Quanto às características da Bacia hidrográfica do rio Cachoeira, bem como dados hidrológicos do trecho do rio estudado, os dados foram obtidos da SRH – Superintendência de Recursos Hídricos do Estado da Bahia, em seu relatório intitulado “Programa de Recuperação das bacias dos rios Cachoeira e Almada” (BAHIA, 2001).

Com o objetivo de caracterizar os diferentes tipos de uso e ocupação na área estudada adotou-se uma classificação de ocupação resultante de adaptações da proposta pelo Ministério das Cidades (BRASIL, 2007), da utilizada por Silva et al. (1997) e Gonçalves (2006) e da empregada pelo IBGE na contagem da população de 1996. A classificação utilizada por este estudo baseia-se na definição de áreas consolidadas e áreas não consolidadas ou subnormal. As áreas consolidadas são aquelas densamente ocupadas e com infra-estrutura básica enquanto que as não consolidadas ou subnormais se caracterizam por serem ocupa-

ções realizadas pela população pobre, que faz uso do solo de forma irregular e clandestina. Na área em estudo ocorrem também zonas não habitadas, ou seja, com predomínio de cobertura vegetal. Para tanto, foram digitalizados os dados espaciais (polígonos) representativos das manchas de vegetação e das áreas homogêneas (formas de ocupação). As técnicas utilizadas nesse procedimento foram a fotointerpretação, geoprocessamento e pesquisa de campo.

A Avaliação dos dados sobre as características socioeconômicas e de infra-estrutura das áreas ocupadas mapeadas foi feita através de dados secundários originários do IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e estatística – IBGE, e do Plano Estratégico Municipal Para Assentamentos Subnormais (PMI, 2001). Do IBGE, foram utilizados os dados georeferenciados dos setores censitários da cidade.

Com relação ao mapeamento e avaliação de áreas de risco de enchentes e inundações, em princípio, esta atividade teve o objetivo de enquadrar o tipo de evento de cheia e inundação em função dos diferentes definições e cenários encontrados em Brasil (2007) e Tucci (2005). Após este entendimento, iniciou-se a avaliação da suscetibilidade da área a fenômenos de enchentes e inundações a partir do entendi-

TABELA 1. Critério para a determinação dos graus de risco.

<b>Grau de Probabilidade</b>	
<b>Risco Muito Alto</b>	Drenagem ou compartimentos de drenagem sujeitos a processos com alto potencial de causar danos, principalmente sociais, alta frequência de ocorrência (pelo menos 3 eventos significativos em 5 anos) e envolvendo moradias de alta vulnerabilidade.
<b>Risco Alto</b>	Drenagem ou compartimentos de drenagem sujeitos a processos com alto potencial de causar danos, média frequência de ocorrência (registro de 1 ocorrência significativa nos últimos 5 anos) e envolvendo moradias de alta vulnerabilidade.
<b>Risco Médio</b>	Drenagem ou compartimentos de drenagem sujeitos a processos com médio potencial de causar danos, média frequência de ocorrência (registro de 1 ocorrência significativa nos últimos 5 anos).
<b>Risco Baixo</b>	Drenagem ou compartimentos de drenagem sujeitos a processos com baixo potencial de causar danos e baixa frequência de ocorrência (não registro de ocorrências significativas nos últimos 5 anos).

Fonte: (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2005).

mento das áreas atingidas por cheias de diferentes tempos de recorrência (TR2, TR5, TR10, TR20, TR50 e TR100). Estas áreas foram cruzadas com as características de uso e ocupa o. Dessa forma gerando elementos de análise para a defini o do Risco de Inunda o do trecho em estudo. Nesse contexto, a avalia o do risco resulta da combina o de duas componentes fundamentais: a componente natural e a componente antrópica. A primeira componente, ou susceptibilidade a inunda o, associa-se aos efeitos de fatores naturais, demarcado pelos diferentes tempos de recorrência do fen meno. A segunda componente irá se referir a riscos decorrentes da ocupa o antrópica, isto  , envolvendo variáveis próprias da atividade humana que interagem de modo agravante com os fatores naturais. Portanto foram delineadas áreas (polígonos) resultantes do cruzamento da susceptibilidade com os diferentes tipos de ocupa o enfatizando as áreas de ocupa o consolidadas e subnormais. Por fim, cada uma das áreas delimitadas terá o seu grau de risco classificado em Muito alto, Alto, Médio ou Baixo em fun o da adapta o do definido na metodologia sugerida pelo Ministério das Cidades (TAB. 1).

Para a elabora o da representa o cartográfica do risco a inunda o foi feita uma adapta o da fórmula utilizada por Westen et al. (2006), em que o risco   representado da seguinte forma:

$$Risco = \sum (H \sum (VA))$$

Aplicando a defini o do risco aos atributos identificados na área em estudo tem-se:

$$Risco \ a \ inunda o = \sum (TR) * \{ (Vulnerabilidade \ da \ Tipologia) * [ (Altura \ da \ Inunda o * P1) + (Densidade \ Populacional * P2) + (Densidade \ de \ Habitacões * P3) / \sum P] \}$$

Onde:

- **(TR)**   tempo de retorno (anos) das inunda es sendo representado pelas probabilidades: TR2 = 0,5, TR5 = 0,2, TR10 = 0,1, TR20 = 0,05, TR50 = 0,04 e TR100 = 0,01;
- **(Vulnerabilidade da Tipologia)**   vulnerabilidade das tipologias habitacionais, onde para cada tipo de tipologia foi atribuído um valor de vulnerabilidade;

bilidade das tipologias habitacionais, onde para cada tipo de tipologia foi atribuído um valor de vulnerabilidade;

- **(Altura da Inunda o)** – Danos associados a altura da lâmina d' gua;
- **(Densidade Populacional)** – Valores de densidade populacional obtidos das análises;
- **(Densidade habitacional)** – Valores de densidade habitacional obtidos das análises;

Os valores P1, P2 e P3 são pesos atribuídos aos valores de Altura de inunda o, Densidade Populacional e Densidade Habitacional, respectivamente, 2, 5 e 3.

O mapa de risco a inunda o foi produzido em ambiente de SIG através do software ArcView onde previamente foram elaborados os shapefile de vulnerabilidade, uso e ocupa o, hipsometria, declividade, topografia. Após a determina o da cota de inunda o e do modelo digital do terreno foi possível definir a profundidade da inunda o. Por fim utilizou-se a ferramenta Map Calculator onde os dados foram cruzados no programa para a confec o do mapa. Na FIG. 3   apresentado o esquema de processamento dos dados.

#### 4. CARACTERIZA O FÍSICO-AMBIENTAL E DE USO E OCUPA O DO SOLO NA ÁREA ESTUDADA

A  rea estudada   geologicamente integrante da unidade geotect nica denominada de Cr ton do São Francisco, estabilizado no final do Proterozóico Inferior e pertence essencialmente ao domínio geotect nico do Escudo Oriental da Bahia, conforme definido por Almeida et. Al. (1977). As unidades litoestratigráficas pré-cambrianas ocorrentes foram agrupadas, de acordo com Arcanjo (1997), no chamado Domínio Coaraci-Itabuna, que compreende os Complexos Ibicaraí-Buerarema e São José, além de granitóides granulizados tipo rio Paraíso e água sumida. Recobrimo a seq ncia de rochas do embasamento cristalino encontram-se, ao longo de alguns trechos do rio, depósitos sedimentares referentes a coberturas aluvionares. Estes depósitos são predominantemente arenosos com espessuras que podem chegar a 3m.

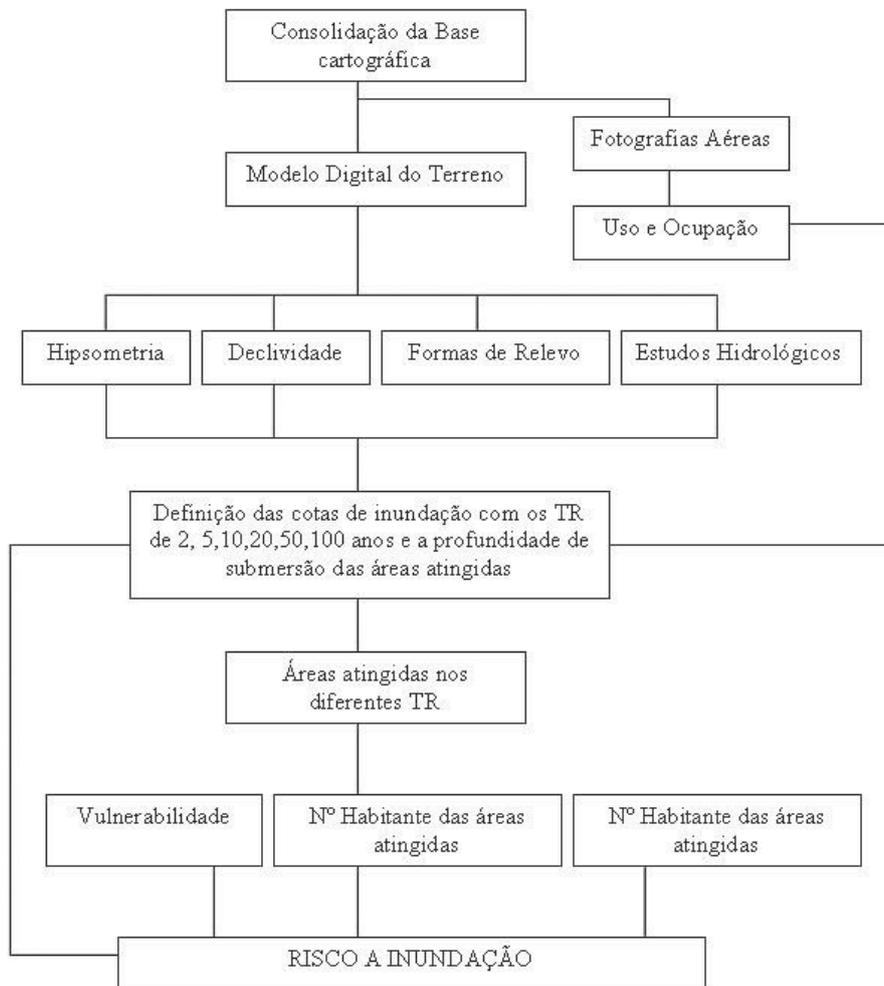


FIGURA 3. Fluxograma para elaboração do Mapa de Risco a inundação.

A análise do MDT permitiu a seleção de seis classes altimétricas conforme apresentados na FIG. 4. A classe hipsométrica com valores de altitude entre 50 e 55m constitui 15,62% da área total, representando a faixa altimétrica compreendida entre a cota do rio Cachoeira (50m) e o desnível de entalhe de seu canal. A classe 55 – 60 m, com 43,44% de representatividade, associa-se às cotas prováveis da antiga planície de inundação do rio, visto que estas cotas associam-se a áreas relativamente planas e inundáveis em cheias de tempo de recorrência históricas. As classes de cotas compreendidas entre 60 e 90 m (37,99% da área total) associam-se a rampas no relevo e ao sistema de encostas. Por fim, as cotas dos topos dos morros e colinas apresentam-se na classe de 90 – 120 m (2,95% da área total). A expressividade da faixa de cota abaixo dos

60m, equivalente a cerca de 59% da área total estudada 1,72km<sup>2</sup>, e a sua associação a relevo plano (declividades menores que 10%) delineia um cenário favorável a ocorrência de inundações em diferentes regimes de cheias do rio.

Para área estudada, e em função da escala de trabalho (1:2.000), foram estabelecidas 5 classes de declividade. As declividades compreendidas entre 0 – 10% correspondem, em grande parte (60,03%), as áreas planas em zonas de baixadas e referentes aos topos de morros e colinas. Enquanto que as declividades superiores a 10% estão associadas às áreas de encostas do relevo e ao corte do barranco do rio Cachoeira.

Quanto ao tipo de uso e ocupação do solo,

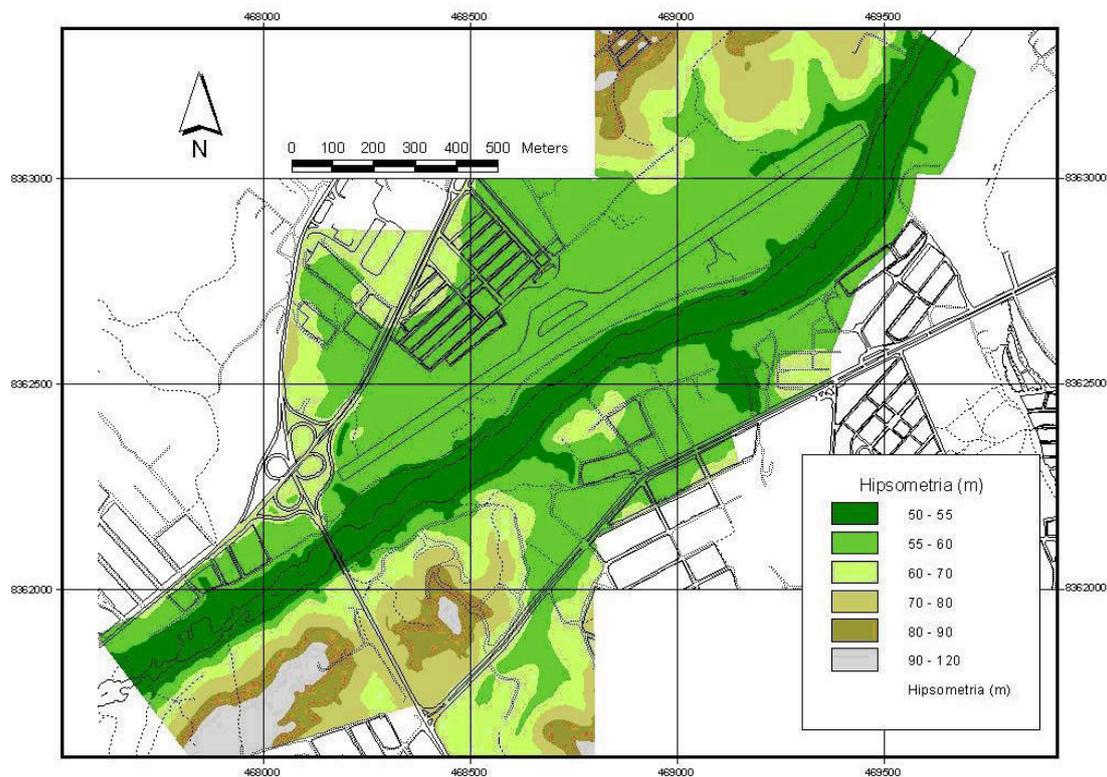


FIGURA 4. Distribuição das diferentes classes hipsométricas na área em estudo.

foram criadas 10 classes na área em estudo conforme apresentados na TAB. 2. Nas áreas subnormais mais precisamente, áreas associadas aos aglomerados subnormais da Rua Beira Rio, Bananeira e Rua Jaçanã habitam cerca de 3770 habitantes, em aproximadamente 932 moradias. Verifica-se, também, que apenas cerca de 5% das moradias possuem esgotamento sanitá-

rio adequado e que, em média 41% das moradias são servidas por sistema de coleta de lixo pública, contudo em diversos pontos ocorrem o acúmulo de lixo. Com relação ao abastecimento de água, 83% dos domicílios possuem esse serviço. A FIG. 5 apresenta a distribuição das tipologias de uso e ocupação do solo na área.

TABELA 2. Resumo da classificação do uso e ocupação do solo na área em estudo.

<b>Categoria de Uso e Ocupação</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>% da Área Total</b>
Área consolidada	375251,26	22,03%
Vegetação viária	19197,24	1,13%
Área subnormal	86835,27	5,10%
Área descoberta degradada	57247,58	3,36%
Área da antiga pista de pouso	235518,56	13,83%
Área consolidada em estágio inicial	106467,14	6,25%
Área subnormal em expansão	25076,64	1,47%
Área de cultivo/pastagens	682485,39	40,07%
Gramíneas	18663,98	1,10%
Mata/Vegetação Ciliar	96658,11	5,67%
<b>Total</b>	<b>1703401,17</b>	<b>100%</b>

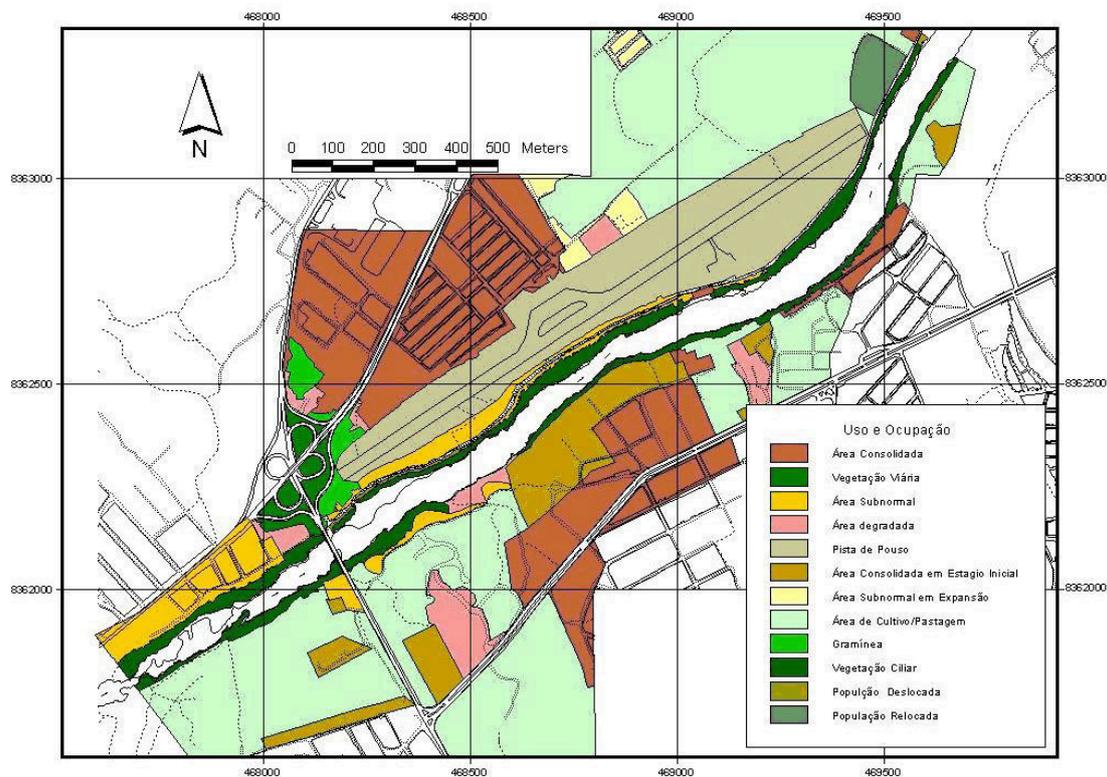


FIGURA 5. Distribuição das diferentes tipos de uso e ocupação do solo na área em estudo.

## 5. MAPEAMENTO E AVALIAÇÃO DE ÁREAS DE RISCO DE ENCHENTES E INUNDAÇÕES

O Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) descreve que os principais processos e cenários de risco ligados a enchentes e inundações nas cidades brasileiras podem ser classificados em três tipos: cenário de risco de enchente e inundação em planícies fluviais; cenário de risco de enchente e inundação com alta energia cinética atingindo ocupação ribeirinha; cenário de risco de enchente e inundação com alta energia de escoamento e capacidade de transporte de material sólido.

Considerando-se esta classificação, a área em estudo associa-se ao cenário do tipo risco de enchente e inundação com alta energia cinética atingindo ocupação ribeirinha. Este processo ocorre ao longo dos cursos d'água, em vales encaixados ou espremidos pela ocupação marginal onde ocorrem inundações violentas, com elevada velocidade de escoamento, o que oca-

siona a destruição de habitações localizadas no leito menor do rio, por ação direta das águas ou, por erosão e conseqüente solapamento das margens dos rios (BRASIL, 2007).

Essas características são comumente encontradas na área de estudo, onde as inundações são rápidas e bem destrutivas, principalmente em função da alta vulnerabilidade encontrada no local definida pelos tipos de habitações presentes, comumente de madeira.

Para a definição das cotas de inundação na área em estudo, associadas aos diferentes tempos de recorrências de cheias, utilizou-se os dados de duas seções transversais ao rio, uma referente a ponte que passa sobre a Br 101 e a outra a 1.600m a jusante do primeiro ponto. As cotas adotadas representam a média dos valores correspondentes a estas duas seções (TAB. 3).

TABELA 3. Tempo de recorrência e cotas de eleva o das cheias.

Tempo de Recorrência (anos)	Ponte BR 101	1.600m (jusante)	Média
TR 2	56,3	55,6	56,0
TR 5	58,1	56,9	57,5
TR 10	58,8	57,5	58,2
TR 20	59,4	58,1	58,8
TR 50	60,6	58,8	59,7
TR 100	61,2	59,4	60,3

Fonte: PMI, 2004.

As TAB. 4 e 5 apresentam dados comparativos das áreas de inunda o, em diferentes tempos de recorrência, com os diversos tipos de uso e ocupa o do solo. Nesse sentido, a TAB. 4 apresenta o cenário relativo entre as diferentes tipologias em diferentes tempos de cheias, enquanto que a TAB. 5 apresenta o valor quantitativo das áreas recobertas pelas cheias, também em diferentes tempos de recorrência.

Para uma cheia de tempo de recorrência de 2 anos, a vegeta o ciliar   a tipologia mais atingida (45,08%), seguida por áreas de cultivo/pastagens (16,68%) e pelas áreas de ocupa o subnormal, "pista de pouso" e "ocupa o subnormal", respectivamente, 12,99% e 6,79%. Com a análise da TAB. 5, tem-se a dimensão da extensão da cheia sobre as diversas tipologias. Podem ser explicada na cheia de tempo de recorrência de 2 anos, a vegeta o ciliar possui 91,82% de sua área recoberta, enquanto que as áreas de cultivo/pastagens, "pista de pouso" e ocupa o subnormal, apresentam, respectivamente 4,81%, 10,85% e 15,40%. Nota-se ainda que as áreas subnormais saem de 15,40% em um tempo de retorno de 2 anos e alcançam 83,44% de toda a sua área recoberta por cheias em um tempo de retorno de 100 anos (TAB. 5). As áreas consolidadas evoluem de 0,5% até 70% de área inundada quando se analisa o mesmo período. Contudo, a diferença de infra-estrutura entre esses dois tipos de usos   que vai definir o maior ou menor risco. Em um tempo de retorno de 100 anos, por exemplo, os dois espaços vão estar com sua área quase que totalmente inundada, porém, a vulnerabilidade e os prejuízos serão expressos, em fun o, das tipologias habitacionais, dos números de residentes e de residências

em cada tipo de uso e ocupa o.

Outro fator relevante presente na TAB. 5   quanto a área destinada para a "Popula o Relocada". Esta tipologia se refere   popula o retirada do bairro Bananeira que foi contemplado pelo programa habitacional Habitar Brasil Bid. Observa-se na TAB. 5 que cerca de 50% da área será inundada em uma cheia com um tempo de retorno de 100 anos, contudo vale destacar que a delimita o da área de estudo considerou a extensão da área até a margem do rio Cachoeira e, por isso, a mancha de inunda o abarcou uma área maior e contemplou o início das casas do projeto que se encontram justamente no sopé do morro onde foram construídas as casas.

Através do conhecimento das cotas de inunda o nos diferentes tempos de recorrência e da conforma o do relevo obtido do MDT da área em estudo, foi possível a obten o da distribui o das profundidades de inunda o, ou seja, os dados foram obtidos através da diminui o dos valores das cotas pelos valores da hipsometria.

A estimativa do número de residências e habitantes das áreas atingidas pelas inunda es, foi gerada a partir da observa o dos valores dos dados referentes aos setores censitários do IBGE. Dessa maneira, a partir da análise de cada setor, chegou-se a uma média que retrata a sua densidade habitacional e populacional. Com rela o   densidade habitacional, os valores variam de 300 a 3.000 domicílios/km<sup>2</sup>, já para a densidade populacional, os dados variam de 6.300 a 12.000 habitantes/km<sup>2</sup> (TAB. 6).

TABELA 4. Comparativo entre as diferentes tipologias de uso e ocupação em diferentes tempos de recorrência.

Uso e Ocupação	Tempo de Recorrência											
	2		5		10		20		50		100	
	m <sup>2</sup>	%	m <sup>2</sup>	%	m <sup>2</sup>	%	m <sup>2</sup>	%	m <sup>2</sup>	%	m <sup>2</sup>	%
Área consolidada	2031,67	1,03	19262,62	5,47	58302,03	11,91	86104,15	15,23	171688,18	22,45	264231,43	27,14
Vegetação viária	0,00	0,00	799,93	0,23	1792,27	0,37	2046,26	0,36	2605,16	0,34	3314,61	0,34
Área subnormal	13374,01	6,79	31400,72	8,92	45222,86	9,24	52440,11	9,27	63151,82	8,26	72459,51	7,44
Área descoberta/ degradada	10479,53	5,32	15143,57	4,30	20451,16	4,18	21024,06	3,72	27251,57	3,56	28250,03	2,90
Área pista de pouso	25576,61	12,99	74654,58	21,21	111775,47	22,84	124484,14	22,01	159474,71	20,85	235509,67	24,19
Área consolidada em estágio inicial	11757,27	5,97	25916,49	7,36	33683,69	6,88	39831,01	7,04	52124,44	6,82	60733,38	6,24
Área subnormal em expansão	1247,94	0,63	4597,69	1,31	6040,73	1,23	7110,35	1,26	13100,86	1,71	16265,07	1,67
Área de cultivo/pastagem	32849,67	16,68	72346,43	20,56	101430,36	20,72	120161,73	21,25	160366,67	20,97	176204,09	18,10
Gramínea	2907,48	1,48	4273,58	1,21	4980,98	1,02	5623,51	0,99	7383,11	0,97	8537,28	0,88
Vegetação ciliar	88755,53	45,08	94149,21	26,75	95809,23	19,57	96273,78	17,02	96528,52	12,62	96593,79	9,92
População deslocada	2799,15	1,42	2866,47	0,81	2866,47	0,59	2866,47	0,51	2866,47	0,37	2866,47	0,29
População relocada	5118,91	2,60	6542,94	1,86	7099,38	1,45	7532,14	1,33	8172,45	1,07	8578,94	0,88
<b>TOTAL</b>	<b>196897,77</b>	<b>100,00</b>	<b>351954,23</b>	<b>100,00</b>	<b>489454,63</b>	<b>100,00</b>	<b>565497,71</b>	<b>100,00</b>	<b>764713,96</b>	<b>100,00</b>	<b>973544,27</b>	<b>100,00</b>

TABELA 5. Comparativo entre as áreas atingidas em diferentes tempos de recorrência.

Uso e ocupação	Tempo de recorrência											
	2		5		10		20		50		100	
	m <sup>2</sup>	%	m <sup>2</sup>	%	m <sup>2</sup>	%	m <sup>2</sup>	%	m <sup>2</sup>	%	m <sup>2</sup>	%
Área consolidada	2031,67	0,54	19262,62	5,13	58302,03	15,53	86104,15	22,94	171688,18	45,75	264231,43	70,41
Vegetação viária	0,00	0	799,93	4,16	1792,27	9,33	2046,26	10,65	2605,16	13,57	3314,61	17,26
Área subnormal	13374,01	15,40	31400,72	36,16	45222,86	52,078	52440,11	60,39	63151,82	72,72	72459,51	83,44
Área descoberta/ degradada	10479,53	18,30	15143,57	26,45	20451,16	35,72	21024,06	36,72	27251,57	47,60	28250,03	49,34
Área pista de pouso	25576,61	10,85	74654,58	31,69	111775,47	47,45	124484,14	52,85	159474,71	67,71	235509,67	99,99
Área consolidada em estágio inicial	11757,27	11,04	25916,49	24,34	33683,69	31,63	39831,01	37,41	52124,44	48,95	60733,38	57,04
Área subnormal em expansão	1247,94	4,97	4597,69	18,33	6040,73	24,08	7110,35	28,35	13100,86	52,24	16265,07	64,86
Área de cultivo/pastagem	32849,67	4,81	72346,43	10,60	101430,36	14,86	120161,73	17,60	160366,67	23,49	176204,09	25,81
Gramínea	2907,48	15,57	4273,58	22,89	4980,98	26,68	5623,51	30,13	7383,11	39,55	8537,28	45,74
Vegetação ciliar	88755,53	91,82	94149,21	97,40	95809,23	99,12	96273,78	99,60	96528,52	99,86	96593,79	99,93
População deslocada	2799,15	97,65	2866,47	100	2866,47	100	2866,47	100	2866,47	100	2866,47	100
População relocada	5118,91	30,15	6542,94	38,54	7099,38	41,82	7532,14	44,37	8172,45	48,14	8578,94	50,54
<b>TOTAL</b>	<b>196897,77</b>	<b>11,42</b>	<b>351954,23</b>	<b>20,42</b>	<b>489454,63</b>	<b>28,40</b>	<b>565497,71</b>	<b>32,81</b>	<b>764713,96</b>	<b>44,37</b>	<b>973544,27</b>	<b>56,49</b>

TABELA 6. Densidade habitacional e populacional das tipologias de uso e ocupação.

Tipologia de Uso e Ocupação	Área Total	Densidade Habitacional (Domicílios/km <sup>2</sup> )	Densidade Populacional (Habitantes/km <sup>2</sup> )
Área consolidada	0.3752	3000	12000
Área subnormal	0.0868	2000	63 00
Área consolidada em estágio inicial	0.1064	300	1200
Área subnormal em expansão	0.0250	2000	63 00
População relocada	0.0169	2500	9000

Obs: Considerou-se que as tipologias de Vegetação viária, Área descoberta/degradada, Área pista de pouso, Área de cultivo/pastagem e População deslocada possuem valores de densidade de habitações e habitantes iguais a zero.

TABELA 7. Quantidade estimada de domicílios e habitantes atingidos pelas cheias.

Uso e ocupação	Tempo de recorrência											
	2		5		10		20		50		100	
	Nº (D)	Nº (H)	Nº (D)	Nº (H)	Nº (D)	Nº (H)	Nº (D)	Nº (H)	Nº (D)	Nº (H)	Nº (D)	Nº (H)
Área consolidada	6	24	58	230	174	700	258	1033	515	2059	793	31704
Área subnormal	27	84	63	198	90	285	105	629	126	397	145	459
Área com. em estágio inicial	3	14	8	31	10	40	12	48	16	62	18	73
Área sub. em expansão	2	7	9	28	12	37	14	45	26	82	32	102
População relocada	13	46	16	58	17	63	19	67	20	73	21	76
<b>TOTAL</b>	<b>51</b>	<b>175</b>	<b>154</b>	<b>545</b>	<b>303</b>	<b>1125</b>	<b>408</b>	<b>1.822</b>	<b>703</b>	<b>2.673</b>	<b>1.009</b>	<b>32.414</b>

Obs: (D) = número de domicílios e (H) = número de habitantes.

Através dos valores de densidade da TAB. 6 foi possível estimar a quantidade de domicílios e pessoas que são atingidas pelas cheias do rio Cachoeira para cada tipo de uso e ocupação e em cada tempo de recorrência das inundações (TAB. 7).

Considerando-se a cheia com tempo de recorrência de 5 anos, as áreas consolidadas são as mais atingidas em número de habitações e habitantes. Isso ocorre em função do seu tamanho territorial (maior uso na área de estudo) e sua grande densidade populacional e habitacional. Contudo, devido à grande infra-estrutura encontrada no local os danos deverão ser menores do que os ocorridos em uma área subnormal, onde a falta de infra-estrutura representa a sua principal característica. Vale ressaltar que os critérios de determinação do risco utilizados nesta pesquisa

é o indicado pelo Ministério das Cidades que define como áreas de risco, àquelas atingidas por um tempo de recorrência de no mínimo 5 anos.

A classificação da vulnerabilidade das tipologias foi realizada através da atribuição de valores ao padrão construtivo das moradias, em cada tipo de uso e ocupação (TAB. 8). Os valores variam de 0 a 1, sendo que o maior valor, ou seja um (1), representa a situação de maior vulnerabilidade da habitação com relação aos danos causados pelo fenômeno de inundação.

Dessa forma, valores baixos de vulnerabilidade (0,05) associam-se às tipologias de vegetação ciliar, gramíneas, áreas de cultivo e pastagens, que apesar de não apresentarem habitações receberam este valor em função da utilização destas áreas para a plantação de

hortaliças, que são empregadas tanto para o consumo próprio, como para a geração de renda para as famílias que moram na área em estudo. O valor da vegetação viária está associado aos taludes encontrados na BR 101 que, em época de chuvas, podem desabar e provocar acidentes.

Valores de da ordem de 0,25 associam-se às

áreas cobertas por vegetação viária. Tipologias habitacionais predominantemente de alvenaria de blocos possuem valores de vulnerabilidade igual a 0,50. Quando presentes, as tipologias mistas de alvenaria e madeira, apresentam valores de 0,75. Por fim, as áreas que apresentam tipologias habitacionais predominantemente de madeira possuem vulnerabilidade igual a 1, isto é, se constituem em alto risco.

TABELA 8. Valor atribuído ao uso e ocupação em função da vulnerabilidade.

Uso e ocupação	Valor da vulnerabilidade
Área consolidada	0,50
Vegetação viária	0,25
Área subnormal	1,00
Área descoberta/degradada	0,05
Área pista de pouso	0,25
Área consolidada em estágio inicial	0,75
Área subnormal em expansão	1,00
Área de cultivo/pastagem	0,05
Gramínea	0,05
Vegetação Ciliar	0,05
População deslocada	0,05
População relocada	0,50

## 6. MAPEAMENTO E AVALIAÇÃO DE ÁREAS DE RISCO DE ENCHENTE E INUNDAÇÕES

O resultado do emprego da fórmula *Risco a inundação* =  $\sum (TR) * \{(Vulnerabilidade da Tipologia) * [(Altura da Inundação * P1) + (Densidade Populacional * P2) + (Densidade de Habitações * P3) / \sum P]\}$  na área em estudo foi a geração

do Mapa de Risco a Inundação (FIG. 6). Os valores de risco encontrados variaram de 0 a 1875. Dessa forma, a definição das classes de Risco em Risco Baixo, Risco Médio, Risco Alto e Risco Muito Alto foi elaborada a partir da análise do menor valor para cada tempo de recorrência, o que significou a simulação dos piores eventos de inundação (TAB. 9).

TABELA 9. Classes de risco a inundação e sua representatividade.

Grau de Risco	Valores	% da Área com Risco
Baixo	0 -187	85,7%
Médio	187 - 375	6,9%
Alto	375 - 750	2,9%
Muito Alto	> 750	4,5%

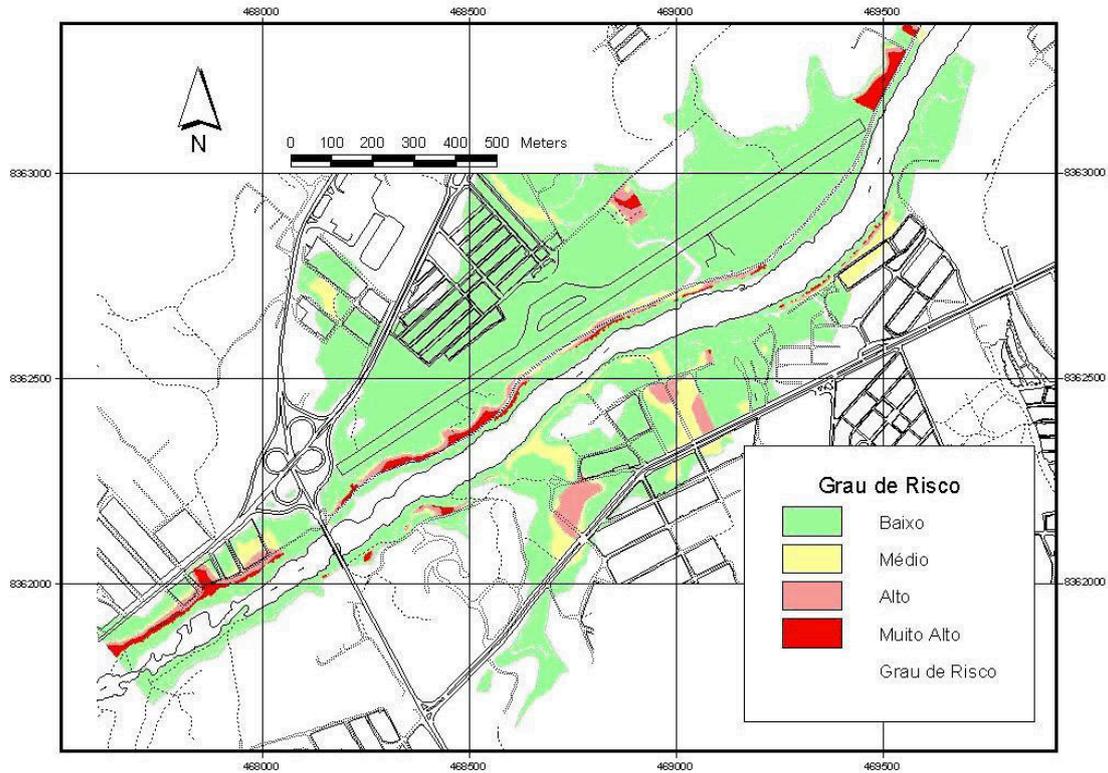


FIGURA 6. Mapa de Risco a Inundação do trecho estudado.

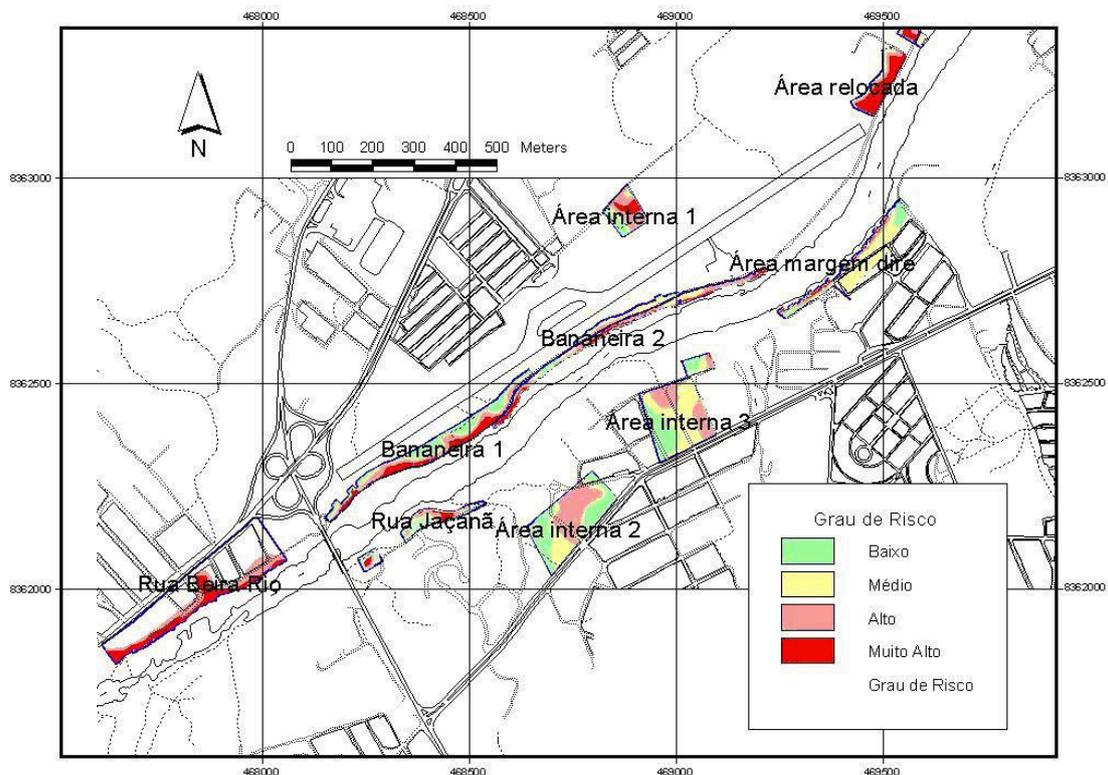


FIGURA 7. Setorização de Áreas de Risco a Inundação do trecho estudado.

A partir da análise do Mapa de Risco a Inundação é possível verificar que os níveis simulados foram bem representados nas áreas subnormais que se encontram às margens do rio Cachoeira. Essas áreas são as mais atingidas e se caracterizam pela ocorrência de graus de risco alto e muito alto.

Em função da distribuição espacial no Mapa de Risco a Inundação das áreas consideradas de risco alto e muito alto foi possível a proposição de 10 seto-

res a serem investigados e tratados como “Áreas de Risco a Inundações” (FIG. 7).

Para cada uma das áreas de risco foi feita a estimativa sobre o número de habitações envolvidas e o número de habitantes. O número de habitações foi definido em função da contagem das habitações registradas nas fotografias aéreas digitais da área, enquanto o número de habitantes foi estimado a partir do cálculo da média de habitantes por moradia do IBGE (TAB. 10).

TABELA 10. Setorização das áreas de risco e suas características.

Áreas de Risco	Área (m <sup>2</sup> )	Risco alto e muito alto (% da área)	Número de habitações presentes	Número de habitações ameaçadas	Estimativa de número de pessoas atingidas
Área relocada	7618	85,9%	250	215	668
Área interna 1	6966	74,8%	36	9	28
Mangabinha	1827	65,1%	10	4	16
Bananeira 1	18048	59,8%	142	103	324
Bananeira 2	12356	58,7%	180	151	475
Rua Beira Rio	37822	50,7	200	120	378
Rua Jaçanã	6178	44,8%	60	25	78
Área interna 2	24001	35,7%	13	6	24
Área interna 3	25110	26,22%	17	8	32
Área margem direita CEPLAC	15150	13,85%	92	60	240

As áreas de risco com maiores problemas em relação às inundações são as áreas subnormais (Bananeira 1, Bananeira 2, Rua Beira Rio e Rua Jaçanã), principalmente, em função da vulnerabilidade habitacional e da ocupação desordenada, onde a maioria das habitações são constituídas por barracos em terrenos sem infra-estrutura e também por estarem localizados em trechos das margens do rio Cachoeira e logo inserindo-se em um contexto de ocorrência de instabilizações ambientais. São mais de 390 habitações e 1250 pessoas ameaçadas. Em função desses fatores, grande parte dos domicílios dessas áreas são inundados pelas águas do rio Cachoeiras em tempos de cheias. Ocasionalmente muitas perdas com isso, muitas famílias ficam desabrigadas e necessitando da intervenção do poder público.

As áreas consolidadas (Área relocada, Manga-

binha, Área interna 2, Área interna 3, CEPLAC), apesar de em alguns casos apresentam uma porcentagem maior de áreas inundadas, são áreas de menor risco em função da consolidação urbana que se reflete em boa qualidade de infra-estrutura, onde o atual padrão de ocupação reduz o risco. No caso da área relocada onde se encontra a população que foi retirada da Bananeira os 85,9% de áreas de risco alto e muito alto acontece principalmente em função da alta densidade habitacional. Já a Mangabinha apesar dos 65% é importante destacar que é uma área muito pequena e que não faz parte da nossa área de estudo, mas que esta sendo descrita pelo fato de ter se destacado.

As Áreas Internas 2 e 3, apesar de estarem localizadas mais ao interior, apresentam um certo risco em função de estarem associadas a córregos que deságuam no rio Cachoeira.

Assim para as áreas de maior risco recomenda-se a remoção de todas as famílias, que deve estar associada a implantação imediata de áreas de recreação e lazer, com instalação de campos de futebol, ciclovias, quiosques, etc., bem como a preservação da mata ciliar que é área de preservação permanente, evitando dessa forma novas ocupações irregulares nas margens nas margens do rio.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As inundações urbanas têm se configurado como uma das grandes preocupações para a população mundial. No Brasil as inundações causam perdas de 1 bilhão de dólares por ano, principalmente, em razão da ocupação desordenada das margens de rios e impermeabilização do solo de bacias em drenagem urbana. Entre as medidas de controle de inundação, o mapeamento de áreas de risco se destaca como uma importante ferramenta, fortemente embasada no reconhecimento dos aspectos físico-ambientais e de uso e ocupação do solo das áreas afetadas. Nesse sentido, a área em estudo apresenta um vasto histórico de eventos de inundações com narrativas que datam do início do século passado. Destaca-se, ainda, que a cheia mais destrutiva que se tem registro ocorreu no ano de 1967, onde grande parte da cidade ficou alagada, ocasionando enormes prejuízos, pois a Avenida do Cinquentenário, que era o principal centro de comércio na época, ficou completamente inundada.

Através dos resultados obtidos a partir da análise das formas de relevo da área foi possível observar que a expressividade da faixa de cota abaixo dos 60m, equivalente a cerca de 59% da área total estudada e a sua associação às áreas de relevo plano (declividades menores que 10%) delineia um cenário favorável a ocorrência de inundações em diferentes regimes de cheias do rio. Lembrando que a cota de 60m equivale a cota de cheia em tempo de recorrência de 100 anos. Segundo Tucci (2005), essas áreas planas, localizadas próximo à rede de drenagem, em conformidade com o nível atingido em tempos de recorrência de 100 anos, são consideradas zonas de amortecimento de enchente.

Quanto às formas de uso e ocupação, foi pos-

sível classificar a área em 10 tipos, sendo estes referentes às tipologias de ocupação humana e cobertura vegetal. As classes que mais se destacaram foram as que classificaram as áreas habitadas em consolidadas e subnormais. As áreas consolidadas constituem cerca de 22% da área total onde residem cerca de 3.400 habitantes vivendo predominantemente em habitações do tipo casa com abastecimento de água, iluminação pública, coleta de lixo e, em 60% dos casos, com coleta de esgotos. Já as áreas subnormais mapeadas representam cerca de 5% da área total, contudo apesar de representar pouca expressividade areal, estas destacam-se em função do elevado número de ocupações em áreas inadequadas e em situações de risco. De acordo com os dados levantados, habitam as áreas subnormais na área em estudo cerca de 3770 habitantes em aproximadamente 932 moradias. Verifica-se que em torno de 5% destas moradias possuem esgotamento sanitário adequado e que em média apenas 41% são servidas por sistema de coleta de lixo pública. Com relação ao abastecimento de água, 83% dos domicílios possuem esse serviço.

Com relação ao Mapeamento de Risco a Inundações, o critério utilizado para determinação do grau de risco adotado foi o recomendado pelo Ministério das Cidades que classifica o risco em quatro graus: Muito alto, Alto, Médio e Baixo. As áreas de risco Muito Alto e Alto mapeadas representaram cerca de 7,4% da área em estudo, expressivamente ocupando as áreas subnormais encontradas às margens do rio Cachoeira. A setorização das áreas atingidas foi feita levando em consideração apenas os riscos Alto e Muito Alto. Foram propostos 10 setores considerados áreas de risco a inundação. As áreas subnormais são as com maiores problemas em relação às inundações onde cerca de 390 habitações e 1250 pessoas encontram-se em situação de risco.

O mapeamento e avaliação dos eventos de inundação na área em estudo revelou que o mesmo, em grande parte, está associado às ocupações informais que são fruto de da expansão urbana descontrolada. A população localizada nos aglomerados subnormais enfrenta os maiores impactos principalmente, em função da localização às margens do rio Cacho-

eira e da vulnerabilidade habitacional onde as várias inundações ocorridas na área tem demonstrado situações de extrema calamidade, com remoção das populações de suas residências, perdas materiais, doenças e até mesmo perdas humanas.

## REFERÊNCIAS

ALCANTARA, L. H.; ZEILHOFER, P. Aplicação de técnicas de geoprocessamento para avaliação de enchentes urbanas: estudo de caso - Cáceres, MT. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 1. (GEOPANTANAL), 2006, Campo Grande. *Anais...* Campinas: Embrapa Informática Agropecuária; São José dos Campos: INPE, 2006. CD-ROM. ISBN 85-17-00029-3. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m17@80/2006/12.08.13.14>>. Acesso em abr. 2008.

ANEAS DE CASTRO, S. D. Riesgos y peligros: una visión desde lá Geografía. *Scripta Nova: Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*. Barcelona, n.60, 15 de Abril 2008. Disponível em <<http://www.ub.es/geocrit/sn-60.htm>>. Acesso set. 2008.

ARCANJO, J. B. A. *Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Itabuna*. Folha SD. 24 – Y – B – VI, Estado da Bahia – Escala 1:100000, Brasília: CPRM., 1997. 276p

BAHIA. *Programa de Recuperação da Bacia do Rio Cachoeira*. Superintendência de Recursos Hídricos – SRH, 2002.

BERZ, G. *Flood Disasters: Lessons from the Past – Worries for the Future*. Symposium on River Flood Defence. v2. Kassel: Herkules Verlag, 2000, p. F1 – F10.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES / INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. *Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios* / Celso Santos Carvalho, Eduardo Soares de Macedo e Agostinho Tadashi Ogura, organizadores – Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007.

CASTILHO, J.L.S.; GIOTTO, E.: Aplicação de Técnicas de Geoprocessamento na Definição da Interferência da Área de Risco em Área de Uso urbano - Estudo de Caso: Dom Pedrito RS In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITARIO COBRAC – 2004, Florianópolis. *Anais...* Disponível em <[http://geodesia.ufsc.br/Geodesia-online/arquivo/cobrac\\_2004/036.pdf](http://geodesia.ufsc.br/Geodesia-online/arquivo/cobrac_2004/036.pdf)>. Acesso em maio 2008.

GONÇALVES, M.S. *Reflexões em torno do conceito do risco natural e da dimensão do risco*. Faculdade de letras/ Universidade do Porto. 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. *Síntese de Indicadores Sociais. Estudos e Pesquisas*. In: CDROOM. Censo, 1991.

MINISTÉRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA/ CENTRO DE ESTUDOS E GESTÃO ESTRATÉGICA – MCT/CGE. *Diretrizes estratégicas para o Fundo de Recursos Hídricos de Desenvolvimento Científico e Tecnológico*. Brasília, 2002. Disponível em <<http://www.ana.gov.br>>. Acesso em ago. 2004.

INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION – ISDR – UN. *Secretariat. United Nations documents related to disaster reduction 2000-2007: Advance copy*. Geneva, UN. International Strategy for Disaster Reduction (ISDR). Secretariat, 2007.

VEYRET, Y. *Os Riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente*. São Paulo: Contexto, 2007.

WESTEN, C.J.; VAN ASCH, T.W.J.; SOETERS, R. *Landslide hazard and risk zonation: why is it still so difficult?*, Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 2006, p. 167 – 184

TUCCI, C. E. M. *Gestão das inundações urbanas*. Global Water Partnership. Edição em arquivo digital. Brasília, 2005.

TUCCI, E. M; BERTONI J.C. (Org.) *Inundações Urbanas na América do Sul*: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre 2003.