



**UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
MESTRADO PROFISSIONAL EM DEFESA E SEGURANÇA CIVIL
INSTITUTO DE QUÍMICA**

THALES GUSTAVO DE OLIVEIRA COSTA

**SUSCETIBILIDADE A INUNDAÇÕES NA BACIA DO RIO TAQUARI,
MUNICÍPIO DE PARATY-RJ**

Niterói
2019

THALES GUSTAVO DE OLIVEIRA COSTA

**SUSCETIBILIDADE A INUNDAÇÕES NA BACIA DO RIO TAQUARI,
MUNICÍPIO DE PARATY-RJ**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional em Defesa e Segurança Civil da Universidade Federal Fluminense como requisito parcial para obtenção de grau de Mestre em Defesa e Segurança Civil. Área de concentração: Planejamento e Gestão de Eventos Críticos.

Orientador: Professor Reiner Olíbano Rosas, D.Sc

Niterói
2019

THALES GUSTAVO DE OLIVEIRA COSTA

**SUSCETIBILIDADE A INUNDAÇÕES NA BACIA DO RIO TAQUARI,
MUNICÍPIO DE PARATY-RJ**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional em Defesa e Segurança Civil da Universidade Federal Fluminense como requisito parcial para obtenção de grau de Mestre em Defesa e Segurança Civil. Área de concentração: Ameaças e risco de desastres.

Aprovado em / /

BANCA EXAMINADORA

C837s Costa, Thales Gustavo de Oliveira
SUSCETIBILIDADE A INUNDAÇÕES NA BACIA DO RIO TAQUARI,
MUNICÍPIO DE PARATY-RJ / Thales Gustavo de Oliveira Costa ;
Reiner Olíbano Rosas, orientador. Niterói, 2019.
76 f. : il.

Dissertação (mestrado)-Universidade Federal Fluminense,
Niterói, 2019.

DOI: <http://dx.doi.org/10.22409/PPGDSC.2019.m.06920920646>

1. Inundação. 2. Mapeamento. 3. Área de risco. 4.
Desastres. 5. Produção intelectual. I. Rosas, Reiner
Olíbano, orientador. II. Universidade Federal Fluminense.
Faculdade de Direito. III. Título.

CDD -

Dedico este trabalho a todos os profissionais que atuam na área de defesa civil,
de forma direta ou indireta.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, pelas horas dedicadas e pela paciência e presteza com que sempre me tratou. Agradeço a Lucelia Granja, Colega de mestrado, que esteve presente em todos os momentos de elaboração do presente projeto e aos colegas de turma Ricardo Augusto de Ferreira Quadros e Mateus Campos Cunha, companheiros de viagem e de labuta em prol da bandeira “Defesa Civil”.

Agradeço à minha família, em especial meus pais pelo apoio irrestrito e pela compreensão nos momentos de ausência. Agradeço também àqueles que, direta ou indiretamente, contribuiriam para a construção desta pesquisa, em especial aos meus colegas Bombeiros Militares. Sem essas pessoas, não teria sequer tido a idéia inicial.

“É Preciso sair da ilha para ver a ilha. Não nos vemos se não saímos de nós”.

José Saramago

RESUMO

As inundações estão cada vez mais comuns e representam um dos principais problemas em áreas urbanas. A ocupação de terrenos inadequados sem o devido planejamento, gera anualmente inúmeros prejuízos materiais além da perda de vidas. Dessa forma, o mapeamento de áreas suscetíveis a inundações tem sido importante instrumento de auxílio e planejamento territorial para os gestores municipais. Nesse contexto, a bacia do rio Taquari, localizada no município de Paraty-RJ, vem sofrendo uma série de inundações que podem ter seu efeito potencializado devido ao grande crescimento urbano ocorrido nos últimos anos aumentando o contingente populacional em condições de risco, outro fator relevante é a população flutuante que busca a região em busca de turismo. O objetivo geral do presente trabalho é mapear áreas suscetíveis a inundações na bacia do rio Taquari e avaliar como o crescimento urbano contribui para o aumento de população vulnerável e a este tipo de evento. Para tal, foi elaborado um mapa da área sujeita a inundações tendo como base os dados topográficos e as entrevistas com moradores do local. O mapeamento da ocupação urbana foi obtido por identificação visual em ortofotos de 2005 e imagem de satélite de alta resolução de 2017. O processo de ocupação urbana da área desenvolveu-se exclusivamente no trecho de baixo curso devido às limitações impostas pelas características do relevo muito acidentado e a existência de impedimentos legais determinados pela presença do Parque Nacional da Serra da Bocaina. Em 2005 a ocupação na bacia apresentava-se muito rarefeita, sendo mapeadas 298 construções em uma área de 0,64 Km², já em 2017, embora ainda rarefeita, houve um significativo crescimento sendo mapeadas 618 construções em uma área de 1,01 Km². Este crescimento ocorreu de forma indiscriminada, incluindo a ocupação de áreas próximas as margens dos canais fluviais.

Palavras-chaves: Inundação. GIS. Mapeamento. Áreas de Risco. Desastres.

ABSTRACT

Floods are increasingly common and represent one of the major problems in urban areas. The occupation of inadequate land without proper planning, annually generates innumerable material damages beyond loss of life. Thus, the mapping of areas susceptible to flooding has been an important aid and territorial planning tool for municipal managers. In this context, the Taquari River basin, located in the municipality of Paraty-RJ, has been suffering from a series of floods that may have had an effect due to the great urban growth that has occurred in recent years, increasing the population contingent at risk, another relevant factor is the floating population that seeks the region in search of tourism. The general objective of this work is to map areas susceptible to flooding in the Taquari river basin and to evaluate how urban growth contributes to the increase of vulnerable population and to this type of event. To this end, a map of the area subject to flooding was drawn up based on topographic data and interviews with local residents. The mapping of the urban occupation was obtained by visual identification in orthophotos of 2005 and high resolution satellite image of 2017. The urban occupation process of the area was developed exclusively in the section of low course due to the limitations imposed by the characteristics of the very rugged relief and the existence of legal impediments determined by the presence of the Serra da Bocaina National Park. In 2005, the occupation in the basin was very rare, with 298 buildings being mapped in an area of 0.64 Km². In 2017, although still rarefied, there was a significant growth, with 618 buildings being mapped in an area of 1.01 Km². This growth occurred indiscriminately, including the occupation of areas near the banks of the river channels.

Keywords: Flood. GIS. Mapping. Risk Areas. Disasters.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-Perfil esquemático do processo de enchente e inundação.....	14
Figura 2 - Localização da área de estudo	16
Figura 3 - Classificação dos desastres quanto a sua intensidade, evolução e origem.....	19
Figura 4 - Principais processos hidrológicos	23
Figura 5 - Inundação no município de Barra Mansa-RJ	24
Figura 6 - Inundação no distrito Engenheiro Passos, município de Resende-Rio de Janeiro.....	24
Figura 7 - Perdas econômicas e mortes registradas	27
Figura 8 - Total pluviométrico anual da bacia de drenagem contribuinte à baía da Ilha Grande.....	39
Figura 9 - Médias mensal e máximo de 24h para o município de Paraty	40
Figura 10 - Mapa de Solos da Bacia do Rio Taquari	41
Figura 11 - Mapa Geomorfológico da Bacia do Rio Taquari	42
Figura 12 - Mapa de Declividade da Bacia do Rio Taquari.....	43
Figura 13 - Perfil geológico-estrutural. Abreviaturas: TPS - Terreno Paraíba do Sul, TOC - Terreno Ocidental, TOR - Terreno Oriental, LTC - Limite Tectônico Central, EBPS - Empurrão Basal do Terreno Paraíba do Sul	44
Figura 14 - Mapa de Geologia da Bacia do Rio Taquari.....	45
Figura 15 - Mapa de Uso e Cobertura do Solo	47
Figura 16 - Alterações na faixa de areia da praia do Taquari devido às variações das condições hidrodinâmicas e ao balanço de sedimentos próximo a foz do rio Taquari.....	47
Figura 17 - Mapa Hipsométrico	48
Figura 18 - Mapa de Hidrografia.....	49
Figura 19 - Mapa da ocupação urbana na bacia do rio Taquarí em 2005	50

Figura 20 - Mapa da ocupação urbana na bacia do rio Taquarí em 2017	51
Figura 21 - Pousada existente na Bacia do Rio Taquary - RJ	52
Figura 22 - Suscetibilidade à Inundações em 2005	54
Figura 23 - Suscetibilidade à Inundações em 2017	55
Figura 24 - Casas construídas sobre pilotis para prevenir as inundações.	55
Figura 25 - Casas construídas em nível elevado para prevenir as inundações	56

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Densidade de construções	52
--	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 JUSTIFICATIVA.....	16
1.2 OBJETIVOS.....	17
1.2.1 Objetivo Geral	17
1.2.2 Objetivos Específicos	17
2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA	18
2.1 DESASTRES POR CAUSAS NATURAIS	18
2.2 POLITICA NACIONAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL.....	21
2.3 A DINÂMICA DOS PROCESSOS HIDROLÓGICOS.....	22
2.4 O CRESCENTE DESAFIO DA INUNDAÇÃO URBANA PELO MUNDO	21
2.5 CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO DE INUNDAÇÃO.....	28
2.6 AGRAVANTES NO FENÔMENO INUNDAÇÃO.....	30
2.7 ATENUANTES NO FENÔMENO INUNDAÇÃO	31
2.8 RISCOS HIDROLÓGICOS.....	31
2.9 MEDIDA DE CONTROLE DAS INUNDAÇÕES.....	32
3 METODOLOGIA	33
3.1 DELIMITAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TAQUARI.....	33
3.2 OBTENÇÃO DO MODELO DIGITAL DE TERRENO	33
3.3 CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA.....	34
3.3.1 Densidade de Drenagem	34
3.3.2 Coeficiente de Compacidade	34
3.3.3 Fator de Forma	35
3.3.4 Extensão do percurso superficial	36

3.4. MAPEAMENTO DAS ÁREAS URBANIZADAS EM 2005 E 2017	36
3.5 MAPEAMENTO DAS ÁREAS SUSCETÍVEIS À INUNDAÇÕES	36
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1 O MUNICÍPIO DE PARATY	37
4.2 A BACIA DO RIO TAQUARI.....	38
4.2.1 O clima da região	38
4.2.2 Os solos	40
4.2.3 Geomorfologia.....	41
4.2.4 Declividade	42
4.2.5 Geologia.....	43
4.2.6 Uso e cobertura do solo	46
4.2.7 Hipsometria	48
4.2.8 Hidrografia	48
4.3 O PROCESSO DE OCUPAÇÃO E A SUSCETIBILIDADE ÀS INUNDAÇÕES.....	49
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
REFERÊNCIAS	58
APÊNDICE	60

1 INTRODUÇÃO

O acelerado crescimento urbano que ocorre de forma desordenada acarreta uma série de problemas como a falta de saneamento básico e a ocupação de habitações em áreas inadequadas. Este problema afeta principalmente a parcela da população menos favorecida que tende a ocupar as áreas mais suscetíveis a ocorrências de desastres por causas naturais, sendo as inundações periódicas uma das causas principais de perdas materiais e humanas no país.

Entende-se como desastres por causas naturais o resultado dos impactos dos fenômenos naturais extremos sobre um sistema natural, causando desordem e sérios danos materiais e humanos (SILVA JUNIOR *et al*, 2016).

As inundações ocorrem quando os volumes de água precipitada excedem a capacidade de infiltração do solo e de escoamento dos canais fluviais e dos sistemas de drenagem artificiais, ocorrendo o transbordamento e atingindo as áreas ocupadas pelas atividades humanas. Segundo Tucci e Bertoni(2003), a inundação ocorre quando as águas dos rios, riachos, galerias pluviais saem do leito de escoamento devido a falta de capacidade de transporte de um destes sistemas, ocupando áreas que a população utiliza para moradia, transporte (ruas, rodovias e passeios), recreação, comércio, indústria, entre outros.

Segundo o Ministério das Cidades e IPT (2007), as inundações representam o transbordamento das águas de um curso d'água, atingindo a planície de inundação ou área de várzea. As enchentes ou cheias são definidas pela elevação do nível d'água no canal de drenagem devido ao aumento da vazão que atingem a cota máxima do canal sem extravasar e os alagamentos são o acúmulo momentâneo de águas em determinados locais por deficiência no sistema de drenagem enquanto que as enxurradas representam o escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte, que pode ou não estar associado a áreas de domínio dos processos fluviais (Figura 1).

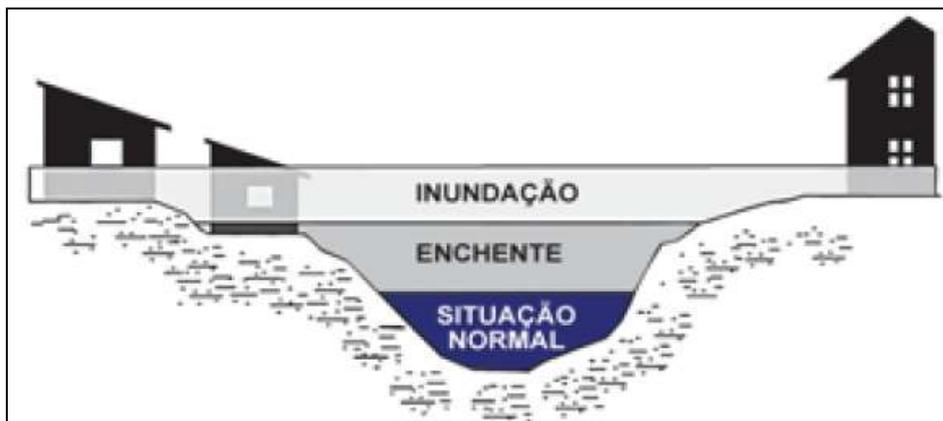


Figura 1 – Perfil esquemático do processo de enchente e inundação
 Fonte: Ministério das Cidades e IPT (2007).

As enchentes e as inundações representam um dos principais tipos de desastres por causas naturais que afligem constantemente diversas comunidades em diferentes partes do planeta, sejam áreas rurais ou metropolitanas (Ministério das Cidades e IPT, 2007). Jha *et al* (2002) afirmam que a ocorrência de inundações é o mais frequente de todos os desastres por causas naturais e que estes eventos vêm aumentando significativamente. Somente em 2010, 178 milhões de pessoas foram afetadas pelas inundações.

As áreas sujeitas à inundações têm sido alvo de inúmeros estudos e vêm despertando cada vez mais o interesse da comunidade científica visto que, a cada ano, o número de pessoas atingidas e os prejuízos econômicos crescem consideravelmente. Dessa forma, é necessário reconhecer que a ocorrência destes desastres está relacionada a inúmeros fatores condicionantes e que o mapeamento de suscetibilidades de áreas de risco é uma etapa indispensável para a gestão, mitigação e o planejamento, podendo servir de instrumento de apoio a medidas preventivas a serem adotadas por órgãos de planejamento territorial (PINTO *et al*, 1999).

A bacia hidrográfica do rio Taquari localiza-se no Distrito de Tarituba, município de Paraty, litoral sul do estado do Rio de Janeiro, possui uma área de 53,7 Km² e drena as encostas da Serra do Mar, localmente Serra da Bocaina, e deságua na baía da Ilha Grande (Figura 2). O médio e o alto curso do rio Taquari correm dentro do Parque Nacional da Serra da Bocaina (PNSB) e o baixo curso insere-se na planície costeira (flúvio-marinha) onde encontra-se instalado o núcleo urbano.

O município de Paraty que se insere no litoral sul do estado do Rio de Janeiro, região denominada Baía da Ilha Grande que compõe região turística da Costa Verde. Possui uma área total de 925, 392Km² e população de 42.630habitantes, estimada para o ano de 2018 (IBGE, 2018).

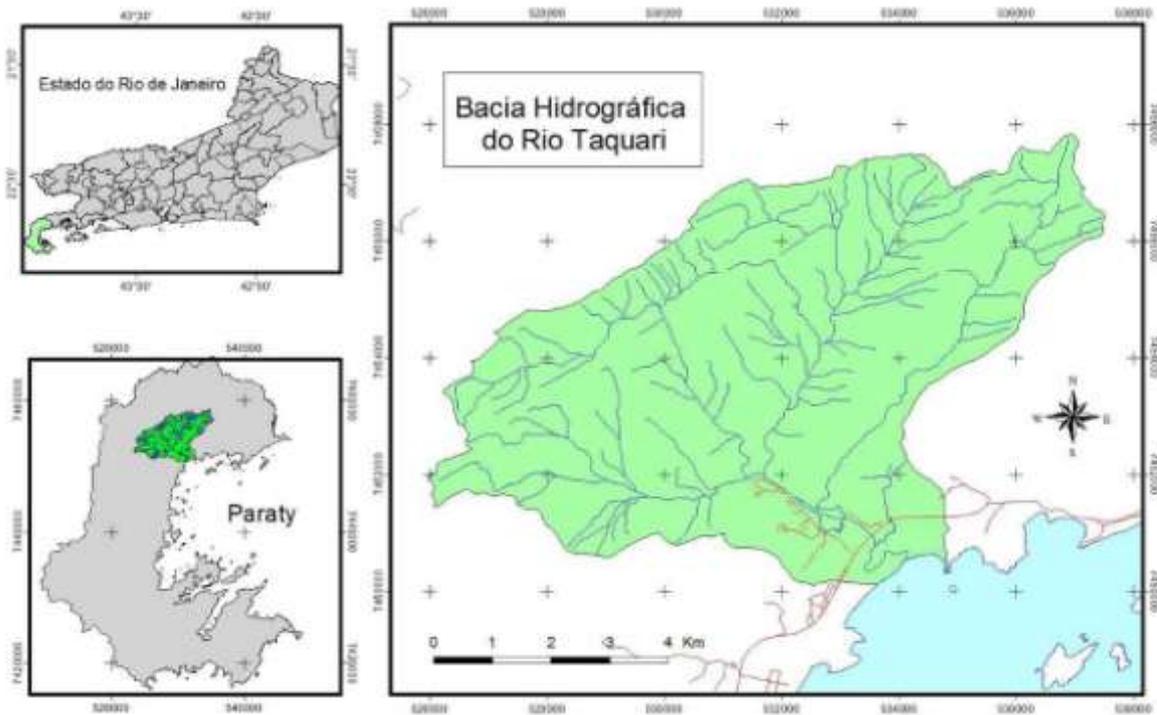


Figura 2 – Localização da área de estudo

Paraty desenvolveu-se a partir da exploração de recursos naturais no interior, sendo ponto de partida para diversas trilhas e estradas da região em direção às áreas de mineração e exploração de outros recursos naturais. Possui várias trilhas centenárias e o conhecido caminho histórico, a estrada Cunha-Paraty, que historicamente faz parte das primeiras redes de interiorização e formação do território brasileiro (BRASIL, 2002).

1.1 JUSTIFICATIVA

Os problemas causados pelas inundações têm se agravado nas últimas décadas devido ao crescimento da urbanização e a falta de zoneamento das áreas de risco, indicando as devidas restrições à ocupação desses espaços, associado às mudanças climáticas que vem gerando volumes de chuvas preocupantes. O

mapeamento das áreas suscetíveis à ocorrência de inundações constitui-se no primeiro passo para evitar a ocorrência deste tipo de desastre natural e as consequentes perdas materiais, humanas e econômicas advindas.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral do presente trabalho é mapear áreas suscetíveis a inundações na bacia do rio Taquari através do uso de técnicas de geoprocessamento.

1.2.2 Objetivos Específicos

Para alcançar o objetivo geral foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Caracterizar os aspectos físico-ambientais da bacia do rio Taquari;
- Calcular os principais parâmetros morfométricos da Bacia do rio Taquari;
- Mapear as áreas urbanas referentes aos anos de 2005 e 2017;
- Identificar as áreas suscetíveis à ocorrência de inundações.

2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

2.1 DESASTRES POR CAUSAS NATURAIS

Diversos fatores contribuem para agravar o cenário envolvendo ameaças e vulnerabilidades, dentre as quais: as alterações das condições atmosféricas, em grande parte, causada pela interferência humana no meio ambiente; o crescimento desordenado das cidades e a ocupação de áreas de risco. Considerando que atualmente é impossível prever e controlar a ocorrência desses fenômenos, as ações humanas devem ser direcionadas para implementação de soluções que possam mitigar e/ou prevenir de forma a reduzir seu impacto na sociedade.

Para Kobiyama *et al.* (2006) “De modo geral, os desastres naturais são determinados a partir da relação entre o homem e a natureza. Em outras palavras, desastres naturais resultam das tentativas humanas em dominar a natureza, que, em sua maioria, acabam derrotadas. Além do que, quando não são aplicadas medidas para a redução dos efeitos dos desastres, a tendência é aumentar a intensidade, a magnitude e a frequência dos impactos...”. Desastres são consequências de grandes eventos, sejam naturais ou provocados, sobre um local vulnerável, trazendo danos materiais, humanos, ambientais e prejuízos ao patrimônio público e privado, vinculados a grande destruição.

De acordo com Castro (2003) citado por BRASIL 2012, os desastres são classificados pela Defesa Civil segundo a sua intensidade, evolução e origem, A intensidade de um desastre depende da interação entre a magnitude do evento adverso e o grau de vulnerabilidade, sendo que, na maioria das vezes, o fator preponderante para a intensificação de um desastre é o grau de vulnerabilidade dos elementos expostos (Figura 3).

INTENSIDADE	Nível I – média intensidade: os danos e prejuízos são suportáveis e superáveis pelos governos locais e a situação de normalidade pode ser restabelecida com os recursos mobilizados em nível local ou complementados com recursos estaduais e federais
	Nível II – grande intensidade: os danos e prejuízos não são superáveis e suportáveis pelos governos locais, e o restabelecimento da situação de normalidade depende da mobilização e da ação coordenada das três esferas de atuação do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC) e, em alguns casos, de ajuda internacional
EVOLUÇÃO	Súbitos ou de evolução aguda: se caracterizam pela velocidade com que o processo evolui e pela violência dos eventos adversos, podendo ocorrer de forma inesperada e surpreendente ou ter características cíclicas e sazonais
	Graduais ou de evolução crônica: se caracterizam por evoluírem em etapas de agravamento progressivo
ORIGEM	Naturais: causados por processos ou fenômenos naturais
	Tecnológicos: originados de condições tecnológicas ou industriais, incluindo acidentes, procedimentos perigosos, falhas na infraestrutura ou atividades humanas específicas

Figura 3 - Classificação dos desastres quanto a sua intensidade, evolução e origem.
Fonte: BRASIL, 2012.

O Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden) monitora 958 municípios em todo o território nacional, classificados como prioritários para o monitoramento das áreas de risco.

O processo adotado pelo Banco de Dados Internacional de Desastres (EM-DAT), considera que um desastre será registrado quando pelo menos uma das seguintes situações ocorrer: é decretado Estado de Emergência, número de vítimas superior a 10, número de desabrigados e feridos igual ou superior a 100 e solicitação de assistência internacional.

O Brasil, devido ao seu tamanho geográfico, às condições climáticas e fisiografias e aos diferentes graus de desenvolvimento urbano, está sujeito permanentemente à ocorrência de desastres. Ao contrário de alguns países onde é frequente a ocorrência de desastres de origem tectônica, como é o caso de terremotos e tsunamis, no Brasil os desastres tendem a estar relacionados a fenômenos climáticos, potencializados pela ação e exposição do homem.

Entre a década de 1990 e a dos anos 2000, houve uma alta de 21,7 vezes no número de registros. Embora tenha ocorrido um aumento generalizado em

todos os tipos de desastres, os movimentos de massa registraram o maior avanço entre essas décadas.

Nota-se que, apesar do aumento no número de registros relacionados a movimentos de massa, a liderança do ranking de desastres naturais pertence à seca. A frequência desses desastres é maior no Nordeste, com 16.449 registros no período de 1991 a 2010 (CEPED/UFSC, 2012). Os desastres mais frequentes, por ordem decrescente de registros, foram (CEPED/UFSC, 2012):

- estiagem e seca;
- enxurrada e alagamentos;
- inundação;
- granizo;
- ciclones e vendavais;
- tornado;
- geada;
- incêndio florestal;
- movimento de massa;
- erosão linear;
- erosão fluvial;
- erosão marinha.

O número de mortos em decorrência de desastres evidencia a urgência de ações conjuntas para a elaboração de políticas públicas de prevenção e resposta aos desastres, bem como a necessidade de conscientização da sociedade, incluindo a percepção do risco.

Quanto à distribuição sazonal, os picos de desastre ocorrem, nos meses de:

- abril e outubro na região Norte;
- março, abril e maio na região Nordeste;
- fevereiro e março na região Centro-Oeste;
- agosto, novembro e dezembro na região Sudeste;
- janeiro, fevereiro e setembro a dezembro na região Sul.

A Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE) distingue duas categorias de desastre: natural e tecnológico. Ela é fundamental para uniformizar as definições de desastres, servindo como base para entidades e

profissionais relacionados à gestão de desastres no território nacional. Esta codificação foi elaborada a partir da classificação utilizada pelo Banco de Dados Internacional de Desastres (EM-DAT) do Centro para Pesquisa sobre Epidemiologia de Desastres (CRED) e da Organização Mundial de Saúde (OMS/ONU). Além dos desastres constantes da classificação do EM-DAT, foram incluídos alguns desastres peculiares à realidade brasileira.

Considerando esses códigos e os dados disponibilizados no Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres, 2013) e feita uma descrição dos desastres por causas naturais e tecnológicos mais recorrentes no Brasil, bem como sua caracterização e ocorrência por região.

2.2 POLITICA NACIONAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL

A Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, que prevê expressamente que é dever da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios adotar as medidas necessárias à redução dos riscos de desastre, com a colaboração de entidades públicas ou privadas e da sociedade em geral. O Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil estabelece que a Defesa Civil brasileira é organizada por um sistema - Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC) - que é composto pela administração pública da União, Estados, Distrito Federal e Municípios e também das entidades da sociedade civil responsáveis pelas ações de defesa civil no país.

A sociedade contemporânea enfrenta uma nova era em que riscos globais são potencializados por colapsos e eventos socioambientais, advindos de causas naturais e humanas, de colossal capacidade destrutiva para vidas humanas, patrimônio e o meio ambiente. A inexistência de uma estrutura jurídica específica para o tratamento de desastres ambientais, considerando o relativo aumento de desastres ambientais nos últimos anos, tal como o rompimento da barragem de Fundão em Bento Rodrigues, clama a necessidade da constituição acerca desses eventos e sua relação com o Direito Ambiental.

Integração das políticas de ordenamento territorial, desenvolvimento urbano, saúde, meio ambiente, mudanças climáticas, gestão de recursos hídricos,

geologia, infraestrutura, educação, ciência e tecnologia e às demais políticas setoriais, tendo em vista a promoção do desenvolvimento sustentável. Elaboração e implantação dos Planos de Proteção e Defesa Civil nos três níveis de governo, estabelecendo metas de curto, médio e longo prazo. Sistema Nacional de Informações e Monitoramento de Desastres; Profissionalização e a qualificação, em caráter permanente, dos agentes de proteção e defesa. Cadastro nacional de municípios com áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos; e inclusão nos currículos do ensino fundamental e médio dos princípios da proteção e defesa civil e a educação ambiental, entre outras.

2.3 ADINÂMICA DOS PROCESSOS HIDROLÓGICOS

Os processos hidrológicos podem ser de ordem meteorológica e/ou hidrológica e estão relacionados aos movimentos e mudanças do estado da água. As precipitações (chuvas) são determinadas a partir da temperatura e do deslocamento das massas de ar e podem sofrer variações de volume, intensidade e de distribuição temporal. Podem ser classificadas em convectiva, orográfica e frontal.

Ayoade (2012), definiu as precipitações:

As convectivas resultam do aquecimento de camadas de ar úmido, nas proximidades do solo, devido às diferenças de temperatura em relação às porções mais altas da baixa atmosfera, ocasionando um movimento brusco de ascensão do ar menos denso, com consequentes processos de condensação e formação de nuvens e, muitas vezes, precipitação. As chuvas orográficas são de menor intensidade e são provenientes de massas de ar quente dos oceanos que, ao se depararem com obstáculos montanhosos, sofrem processo de ascensão e resfriamento, com a formação de nuvens que geram este tipo de precipitação. Já as precipitações do tipo frontal decorrem da convergência entre grandes massas polares e massas de ar quente e úmido. Esses choques ocasionam, no verão, chuvas intensas e de menor duração, e, no inverno, chuvas mais longas e de menor intensidade.

Segundo Carvalho *et al.* (2014), os processos hidrológicos classificam-se em três grupos principais: enchente, inundação e alagamento (Figura 4).



Figura 4 - Principais processos hidrológicos.
 Fonte: Defesa Civil de São Bernardo do Campo (2011).

A enchente resulta do aumento temporário do nível de água no canal de drenagem, devido ao aumento da vazão, sem transbordamento da água para fora da calha.

A inundação corresponde ao extravasamento das águas de um canal de drenagem para a superfície de inundação. Geralmente, essas superfícies de inundação, que são locais naturais de descarga das águas fluviais, são ocupadas por habitações que frequentemente são inundadas, gerando perdas materiais, entre outras.

Entretanto, a construção de edificações nestes locais é proibida por lei, porém muitas vezes são infringidas devido à falta de instrução da população e a falta de fiscalização dos órgãos municipais (Figuras 5 e 6).

Por fim, o alagamento corresponde ao acúmulo de água nas ruas devido à ineficiência e insuficiência de drenagens, ocorrendo muito comumente nas grandes cidades, onde o processo de urbanização não acompanha o nível de desenvolvimento da infraestrutura do local.



Figura 5 – Inundação no município de Barra Mansa-RJ.
Fonte: SEMADS, 2001.



Figura 6 – Inundação no distrito Engenheiro Passos, município de Resende- Rio de Janeiro.
Fonte: SEMADS, 2001.

Os efeitos dos processos hidrológicos podem ser variáveis dependendo do tipo de bacia, topografia e aspectos estruturais das construções, entretanto alguns fatores podem intensificar problemas decorrentes destes processos, ocasionando desastres de maior intensidade e magnitude e o maior deles é a urbanização.

Segundo Machado e Silva (2005), o aumento da degradação ambiental é fruto do crescimento da urbanização e da falta de planejamento, pois o processo de urbanização foi tão acelerado que o poder público não conseguiu controlá-lo, levando à queda na qualidade de vida da população.

A urbanização gerou, principalmente nas últimas décadas, o movimento de populacionais para os grandes centros urbanos, devido a maior oferta de emprego e acesso a serviços públicos. Contudo, ocasionou principalmente a construção em locais de risco e impróprios, além da própria aceleração da degradação ao meio ambiente.

Segundo dados do IBGE, a taxa de urbanização nos anos 1960, no Brasil, foi de 44,7%. Entretanto, entre 1991 e 1996 houve um acréscimo de 12,1 milhões de habitantes urbanos, o que reflete uma elevada taxa de urbanização de 78,4%, e taxa média geométrica de crescimento anual da população de 1,38%.

Muitas famílias construíram suas residências em locais inapropriados, como em planícies de inundação, além disso, muitas dessas construções despejam seu esgoto nas drenagens mais próximas e jogam lixo em locais proibidos, poluindo o meio ambiente. Percebe-se também que o aumento populacional cresceu em discordância com as melhorias adequadas de infraestrutura das cidades. A insuficiência de drenagens eficientes causa constantes alagamentos, somados ao descarte de lixo nas ruas, que contribui significativamente com o entupimento das bocas de lobo e conseqüentemente com o alagamento das vias.

A impermeabilização do solo é outra característica negativa das cidades em relação aos alagamentos, pois a água tem um escoamento superficial acelerado e chega à bacia muito rápida, causando inundações nas áreas próximas a ela.

O desmatamento também é um contribuinte significativo para o aumento dos alagamentos e de inundações, pois a redução da cobertura vegetal diminui a infiltração da água da chuva, favorecendo o escoamento superficial e acelerando os processos erosivos.

2.4 O CRESCENTE DESAFIO DA INUNDAÇÃO URBANA PELO MUNDO

Segundo Jhaet *al* (2012), dentre os desastres conhecidos e já classificados, as inundações são os de maior frequência em todo o mundo. E teve um aumento significativo de registros entre os anos de 1992 e 2012. Descreve ainda que o número de pessoas afetadas e os registros financeiros, econômicos e ativos segurados também aumentaram. Apresenta que somente no ano de 2010, 178 milhões de pessoas foram afetadas pelas inundações e que as perdas totais, em anos excepcionais como 1988 e 2010, excederam \$40 bilhões.

Segundo Jhaet *al* (2012), nos últimos anos, as perdas imediatas de vidas devido as inundações estão diminuindo ou aumentando de forma lenta, o que é encorajador. Tal situação é interpretada como reflexo a implementação bem sucedida das ações de gestão de risco de inundações. Contudo, os dados de fatalidades ainda são preocupantes, principalmente em países em desenvolvimento, onde os impactos são desproporcionais e de maior densidade na população pobre e menos favorecida.

Os níveis atuais apresentados de impactos de inundações implicam na necessidade de tornar a gestão de risco de inundações em assentamentos urbanos uma prioridade na agenda política e de elaboração de políticas públicas de caráter preventivo as inundações.

Destaca-se ainda que as inundações trazem reflexos em assentamentos urbanos de várias magnitudes, desde os mais humildes até os grandes centros comerciais, como Nova Iorque, Bangkok e Sendai – todas com registro de inundações. Assim, compreender as causas e efeitos dos impactos das inundações, bem como projetar, investir e implementar medidas que minimizem tais desastres devem ser vistos como pensamento corrente de desenvolvimento.

As definições de assentamentos “urbanos” são realizadas de forma diferente dependendo do país, o que torna difícil o conceito de uma inundação urbana. As estatísticas de danos, geralmente, não são classificadas como urbanas ou rurais, o que torna difícil separar perdas entre populações urbanas e rurais. Contudo, há dessemelhanças cruciais entre inundações rurais e urbanas. No que pese uma inundação rural poder afetar maiores áreas e atingir segmentos menos

favorecidos da população, as inundações urbanas são gerencialmente mais complexas e onerosas.

Os impactos das inundações urbanas também são diferenciados devido a questões tradicionais de alta concentração de população no meio urbano, o que torna o dano mais intenso e oneroso. Segundo Jha (2012), assentamentos urbanos também contêm os principais atributos econômicos e sociais de qualquer população nacional, de modo que a inundação urbana, causando dano e perturbação, frequentemente traz sérias consequências para as sociedades.

A figura 7 mostra que o número de mortes devido às inundações segue uma leve constância desde a década de 1950, contudo os gastos aumentaram muito nas décadas de 1990 e 2000. Destaca-se ainda o relevante crescimento econômico mundial e a migração constante para os centros urbanos nesse espaço de tempo. Nesse contexto pode-se afirmar que manter a população segura ao risco de inundações careceu de maiores investimentos nos últimos anos. Outros fatores indiretos devem ser analisados a longo prazo, como doença, educação reduzidas e perda de subsistência, também podem prejudicar a resiliência e o desenvolvimento da comunidade, como o faz a necessidade de constantemente lidar com inundações regulares, de menor abrangência. Os impactos indiretos podem ser difíceis de serem percebidos imediatamente e mais difíceis ainda de quantificar e avaliar.

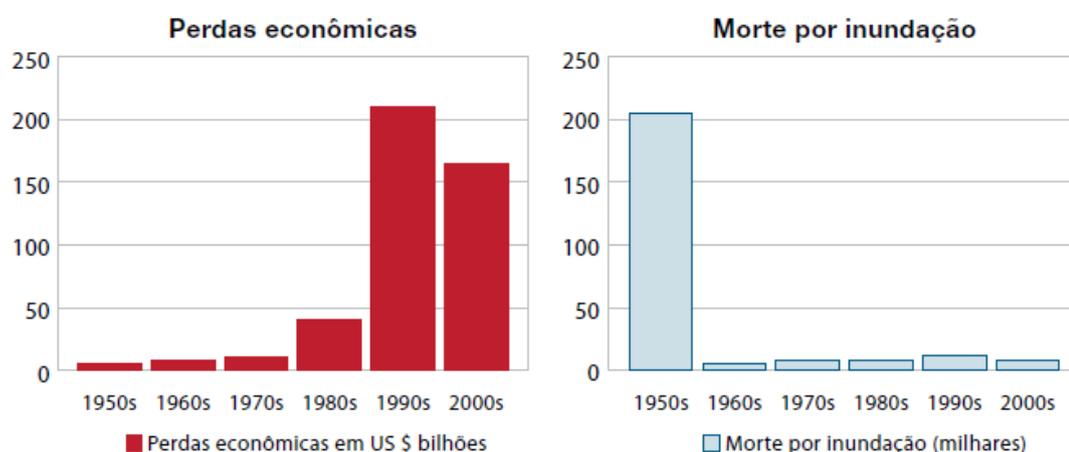


Figura 7 - Perdas econômicas e mortes registradas.
Fonte: com base em EM-DAT/CRED.

A urbanização sem planejamento e gestão adequados também contribuem para o perigo crescente de inundação, devido à inadequada utilização do solo. Segundo Jha et al (2012), no mundo em desenvolvimento, uma proporção

elevada de expansão urbano populacional e espacial ocorre em assentamentos informais de grande densidade e de baixa qualidade, popularmente chamados de “favelas”. Elas estão localizadas tanto nos centros das cidades quanto nas periferias, em locais suburbanos ou peri-urbanos e são frequentemente de alto risco. A concentração dos pobres nestas áreas, que tipicamente carecem de habitação, infraestrutura e provisão de serviços adequados, aumenta o risco de inundações e resultam em impactos de maiores proporções aos desfavorecidos.

O crescente impacto das inundações urbanas que os legisladores das políticas públicas dever atentar são as de maior interferência no desenvolvimento fora das defesas de inundação existente, como: superfícies pavimentadas ou impermeáveis, superpopulação, densidade elevada ou congestionamento, infraestrutura para descartar resíduos sólidos, sistema de drenagem e saneamento limitados, extração em excesso de águas subterrâneas, que leva a uma gestão limitada quando se trata de susceptibilidade ao risco de inundação.

2.5 CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO DE INUNDAÇÃO

Tanto cheias quanto enchente significam o mesmo fenômeno natural. Quando se manifestam em pequenas bacias, são denominadas, no dito popular, de enxurradas. Já quando ocorrem em áreas urbanas são caracterizadas como enchentes urbanas, podendo evoluir para uma inundação urbana. Tais fenômenos são, segundo SANTOS (2007 p.96), podem assim serem descritos:

A elevação do nível está intimamente associada a uma seção de escoamento fluvial. Para uma mesma variação de vazão (...), a elevação será mais ou menos importante, dependendo das condições físicas do curso de água, como a declividade do canal e material do leito e das margens do rio. A seção transversal de um curso de água pode ser dividida em canal principal e canal secundário. O canal principal sempre apresenta escoamento de água, enquanto que o canal secundário pode ter escoamento durante certos intervalos de tempo, de forma temporária. Isto é característico de rios denominados deperenes.

Já os rios intermitentes caracterizam-se pela presença de escoamento da água, no canal principal, por grande período de tempo, embora, em outros períodos fique totalmente sem água. A relação desses rios com a inundação é explicitada na medida em que ela se torna temporária, pois depois que há o extravasamento de sua borda e a consequente inundação das laterais ao canal principal, a onda de

água abaixa e o rio volta a seu leito natural. Com isso, todos os materiais transportados pela água ficam depositados neste leito.

Podemos denominar as enxurradas como fenômeno oriundo de grandes volumes pluviais, geralmente ocorridas no final de terdes de verão, ocorridas em bacias de elevada declividade. Devido a sua baixa capacidade de retenção da água, sua força apresenta grande potencial de arrastamento de materiais e sedimentos de suas encostas. Tais episódios são apresentados, por SANTOS (2007, p.97), da seguinte forma:

Os efeitos aparecem principalmente nas confluências dos rios quando eles não têm mais capacidade de escoar os fluxos, nas curvas dos cursos de água ou quando as enchentes transportam materiais (por exemplo, lixo jogado as margens dos cursos de água em períodos secos) que provocam bloqueios dos escoamentos e que após o rompimento provocam ondas violentas, com elevadas capacidades destrutivas.

Nas grandes bacias hidrográficas, as enchentes se manifestam de maneira lenta e progressiva, podendo evoluir para fenômenos de inundação. A água extravasa o canal principal do rio, com a elevação de seus níveis. Esse movimento das águas pode durar de horas a dias, sendo que as áreas ribeirinhas ficam inundadas por vários dias.

No contexto das inundações, é importante citar e compreender o fenômeno das enchentes no ciclo hidrológico - no qual existe a transferência da água entre compartimentos, geralmente, sobre a forma líquida ou vapor desencadeia o que chamamos chuvas ou precipitações e podem ser assim classificadas como:

1) Precipitações Frontais: de longa duração, recobrem grandes áreas, possuindo intensidades baixas ou moderadas e se formam através de massas de ar frio que, em contato com massa de ar quente, ocasionam a elevação destas últimas e carregam a umidade para altas altitudes. Condensadas, conseqüentemente, provocam chuvas. Estas precipitações são de longa duração, abrangem grandes superfícies e apresentam intensidades baixas ou moderadas.

2) Precipitações Orográficas: semelhantes as precipitações frontais, são causadas por movimentos laterais de massas de ar quente e úmido que deparam-se com barreiras naturais (montanhas), sendo forçadas a se elevar,

dando origem as chuvas. Ocorrem geralmente em regiões costeiras com cadeias de montanhas.

3) Precipitações Convectivas: se formam devido ao aquecimento diferenciado da superfície e das camadas mais baixas da atmosfera, provocando uma ascensão brusca do ar quente e úmido. Elas ocorrem em pequenas áreas, com curta duração e elevada intensidade.

No ciclo da água, a precipitação acumula-se em diversos níveis, como define SANTOS (2007, P.98):

Uma parte é retida pela cobertura vegetal e o restante atinge a superfície do solo. Dependendo das condições da superfície do solo, a água poderá infiltrar no solo e seguirá vários caminhos no seu interior, podendo atingir águas superficiais, de forma lenta e contínua. A água que permanece na superfície do solo escoará rapidamente em direção ao sistema de drenagem superficial, formado por canais artificiais, rios, lagos e reservatórios.

Principal responsável pelas inundações, as águas das chuvas se comporta de acordo com o tipo de solo, provocando pouco ou muito escoamento na superfície. Áreas asfaltadas, por exemplo, por serem impermeáveis, agravam consideravelmente a manifestação das enchentes e inundações em caos mais volumosos. Já superfícies permeáveis contribuem para o escoamento da água e servem para a sua captação, em períodos de estiagem. Além de áreas urbanizadas e impermeabilizadas, as inundações podem ser agravadas nas zonas costeiras, devido ao aumento das marés e dos ventos contrários ao escoamento fluvial.

2.6 AGRAVANTES NO FENÔMENO INUNDAÇÃO

A manifestação das inundações é provocada por vários fatores. Dentre eles, podemos citar os de origem natural e artificial. O primeiro caracteriza-se pela topografia que é fator preponderante na drenagem da água, pois sua declividade irá determinar a velocidade que a água irá percorrer a superfície e gerar estragos nos terrenos. A vegetação também influencia o movimento das enchentes e inundações, como descreve SANTOS (2007, p.98):

A capacidade de escoamento de uma seção de um rio representa a vazão que ela pode escoar. Ela depende da rugosidade do leito e das margens, do perímetro da seção molhada, da área da seção transversal e da declividade do rio. Alterações nestas características alteram as profundidades da lâmina de água. Em consequência, para uma mesma vazão, um rio com margem sem cobertura vegetal apresentará nível da água menor do que um rio com margem com cobertura vegetal. Certas espécies vegetais provocam mais rugosidades do que outras. Por outro lado, a cobertura vegetal nas vertentes atrasa o tempo de resposta da bacia, além de reduzir os volumes escoados no sistema de drenagem.

Outro fator natural influenciador é a frequência de precipitações que podem saturar o solo, dependendo de sua quantidade e espaçamento de tempo, o que diminui a capacidade do solo em escoar a água. Assim classificamos como vazão máxima essa capacidade do solo em suportar um grande volume de chuva.

Já as causas artificiais são originadas pela degradação do ambiente pelo homem. A urbanização cria barreiras para o escoamento da água, ocasionando no solo um maior tempo para absorção da água da chuva.

2.7 ATENUANTES NO FENÔMENO INUNDAÇÃO

Políticas públicas de limitação do crescimento demográfico, imobiliário e populacional são mecanismos legais de enfrentamento à questão de inundações de espaços sociais e naturais. Todo esse aparato visa combater práticas como aterros sanitários, a grande especulação imobiliária e ocupação sem planejamento de certos espaços públicos, bem como galerias em lugar de rios e cursos d'água naturais.

2.8 RISCOS HIDROLÓGICOS

O fenômeno da precipitação se manifesta por fenômenos meteorológicos que não podem ser controlados, apenas mensurados e estimados. Com isso, não podemos controlar os estragos causados por uma inundação, mas podemos mitigar o risco em um determinado local, durante um certo tempo, estudando as suas características. A isso, chamamos de risco hidrológico. Somado a esse risco, SANTOS (2007, P 101) define o homem pode potencializar esse risco, da seguinte forma:

Concluimos que as ações humanas podem, portanto, aumentar os riscos de ocorrências de inundações. Os fatores naturais são relativamente estáveis. Além disso, os fatores induzidos pelo homem podem ser alterados no tempo e no espaço, podendo ampliar a frequência de ocorrência de enchentes.

2.9 MEDIDA DE CONTROLE DAS INUNDAÇÕES

Como forma de minimizar os danos causados pela inundação, podemos citar as medidas estruturais e não estruturais. A primeira se baseia nas construções de engenharia como barreira física ao fenômeno e à força da água, evitando estragos ao meio ambiente e aos centros urbanos. Já a segunda engloba uma forma de conviver com o risco de enchentes e seus efeitos na vida direta daqueles que, de alguma forma, sofreram os resultados de sua manifestação. Como exemplo das medidas estruturais, podemos citar o reflorestamento, os diques, os reservatórios, os canais de desvio, as matas ciliares, polders, bacias de amortecimento e retificações dos cursos d'água.

As medidas não estruturais podem ser também exemplificadas na forma de melhorias no uso e ocupação do solo, apólices de seguro contra os efeitos das enchentes, sistemas de alerta e previsão de chuvas e serviços de defesa civil.

3 METODOLOGIA

Para a execução do trabalho foi elaborado um banco de dados espacial para a bacia do rio Taquari contendo informações extraídas da Base Cartográfica Vetorial Contínua do Estado do Rio de Janeiro (IBGE, 2018), da qual foram extraídos os dados topográficos (curvas de nível, os pontos cotados), a hidrografia (rede de drenagem e as massas de água) e as vias de comunicação. A base de dados foi convertida para o sistema de coordenadas planas com projeção UTM - fuso 23 Sul, mantendo o *datum* SIRGAS 2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas).

Para o processamento das informações foi utilizado o *software* QGIS 2.18 (QGIS Project, 2017) que é um Sistema de Informações Geográficas (SIG) livre e de código aberto licenciado segundo a Licença Pública Geral GNU.

Para a obtenção do mapa de 2005 foi utilizada como base a ortofoto na escala 1:25.000 (IBGE, 2005), pois foi a imagem mais antiga de boa qualidade encontrada, e 2017 foi o ano de criação do presente estudo.

3.1 DELIMITAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TAQUARI

A delimitação da bacia hidrográfica do rio Taquari foi realizada por digitalização manual de um polígono a partir da identificação visual dos divisores topográficos identificados pela conformação das curvas de nível. Para tal foram utilizadas as ferramentas de edição do QGIS.

3.2 OBTENÇÃO DO MODELO DIGITAL DE TERRENO

O Modelo Digital de Terreno (MDT) foi obtido através da interpolação dos dados topográficos, curvas de nível e pontos cotados, gerando um arquivo matricial (raster) representando a variação espacial dos dados de altitude da bacia.

3.3 CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA

A caracterização morfométrica foi realizada tendo como base dados planimétricos e altimétricos da bacia. Primeiramente foram obtidos a área (A) e o perímetro da bacia (P) e o comprimento dos canais fluviais (Lt).

3.3.1 Densidade de Drenagem

A densidade de drenagem (Dd) é utilizada para avaliar o grau de desenvolvimento de um sistema de drenagem. Representa a relação entre o comprimento total dos cursos d'água de uma bacia e a sua área planimétrica.

$$(1)$$

Onde,

Dd = Densidade de Drenagem;

Lt = comprimento total dos cursos d'água;

A = Área da bacia hidrográfica.

Para a classificação dos valores de densidade de drenagem (Dd), utilizou-se a classificação proposta por Villela e Mattos (1975), na qual a densidade de drenagem pode variar de 0,5 km/km² em bacias de drenagem pobre a 3,5 km/km² em bacias de drenagem ricas.

Bacias com drenagem pobre: $Dd < 0,5 \text{ km/km}^2$

Bacias com drenagem regular: $0,5 \leq Dd < 1,5 \text{ km/km}^2$

Bacias com drenagem boa: $1,5 \leq Dd < 2,5 \text{ km/km}^2$

Bacias com drenagem muito boa: $2,5 \leq Dd < 3,5 \text{ km/km}^2$

Bacias excepcionalmente bem drenadas: $Dd \geq 3,5 \text{ km/km}^2$

3.3.2 Coeficiente de Compacidade

A forma da bacia é uma das características mais difíceis de serem expressas em termos quantitativos. Ela tem efeito sobre o comportamento

hidrológico da bacia, como por exemplo, no tempo de concentração, que é definido como sendo o tempo, a partir do início da precipitação, necessário para que toda a bacia contribua com a vazão na seção de controle do canal sendo muito importante devido à influência que exerce no tempo de transformação da chuva em escoamento e sua constatação na seção de controle.

Para a avaliação da forma da bacia foi utilizado o coeficiente de compacidade (K_c) que representa a relação entre o perímetro da bacia e o perímetro de um círculo de mesma área que a bacia. O K_c é sempre um valor $> 1,00$ (se fosse 1,00 a bacia seria um círculo perfeito). Quanto menor o K_c (mais próximo da unidade), mais circular é a bacia, menor é o tempo de concentração e maior a tendência de haver picos de enchentes.

$$K_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}(2)$$

Onde,

K_c = Coeficiente de compacidade;

P = Perímetro da bacia hidrográfica (km);

A = Área da bacia (km^2).

O K_c pode ser interpretado da seguinte forma:

1,00 – 1,25 : bacia com alta propensão a grandes enchentes;

1,25 – 1,50 : bacia com tendência mediana a grandes enchentes;

$> 1,50$: bacia com menor propensão a grandes enchentes.

3.3.3 Fator de Forma

O fator de forma (K_f) é representado pela razão entre a largura média da bacia e o comprimento do eixo da bacia (da foz ao ponto mais longínquo da área). Quanto menor o K_f , mais comprida é a bacia e, portanto, menos sujeita a picos de enchente, pois o tempo de concentração é maior e, além disso, fica difícil uma mesma chuva intensa abranger toda a bacia.

$$K_f = \frac{A}{L^2}(3)$$

Onde,

Kf = Fator de forma da bacia hidrográfica;

A = Área da bacia hidrográfica;

L = Comprimento do eixo da bacia hidrográfica.

O fator de forma pode assumir os seguintes valores:

1,00 – 0,75 : sujeito a enchentes;

0,75 – 0,50 : tendência mediana;

< 0,50 : menor tendência a enchentes.

3.3.4 Extensão do percurso superficial

A extensão do percurso superficial (Eps) representa a distância média percorrida pela água da chuva antes de encontrar um curso d'água sendo obtida pela fórmula:

$$Eps(4)$$

Onde,

Eps = extensão do percurso superficial;

Dd = densidade de drenagem.

3.4. MAPEAMENTO DAS ÁREAS URBANIZADAS EM 2005 E 2017

O mapeamento das áreas urbanizadas e a identificação das construções referentes aos anos de 2005 e 2017 foram realizados através de edição manual de uma camada vetorial (polígonos) utilizando ferramenta de edição do QGis. Para a obtenção do mapa de 2005 foi utilizada como base a ortofoto na escala 1:25.000 (IBGE, 2005) e para o ano de 2017 a imagem DigitalGlobe obtida através do complemento QuickMapServices/GoogleEarth(QGIS Project, 2017).

A densidade de construções foi obtida pela relação entre o número de construções e a área urbanizada referente aos mesmos anos.

3.5 MAPEAMENTO DAS ÁREAS SUSCETÍVEIS À INUNDAÇÕES

A identificação das áreas suscetíveis a ocorrência de inundações foi realizada a reclassificação do MDT com base nos dados de localização de pontos de inundações identificados em campo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 O MUNICÍPIO DE PARATY

Desde a primeira metade do século XVI, os colonos do núcleo de São Vicente estavam em busca de abrir um caminho que ligava São Paulo e Rio de Janeiro com Minas Gerais. Em 1597, uma expedição utilizando-se de caminho por terra e mar, encontrou em Paraty, um meio para alcançar a região de Minas. Favorecida por um litoral de águas tranquilas e fartura de água potável, a população indígena, vindoura das tribos goianeses era numerosa na região de Paraty.

Um século mais tarde, numerosos colonos habitavam as margens desse caminho e, arregimentados pelo capitão-mor João Pimenta de Carvalho, muitos se fixaram num local denominado São Roque, posteriormente Vila Velha. O contato com indígenas foi importante no conhecimento de trilhas por eles abertas entre o litoral e o planalto, destacando-se a que atingia Guaratinguetá, por meio da localidade de Cunha. Dessa forma, achou-se por bem transferir o povoado para local mais próprio, estabelecendo-se às margens do rio Perequê-Açu um pequeno núcleo, em terras doadas por D. Maria Jácome de Mello, onde foi erguida uma capela em homenagem a Nossa Senhora dos Remédios, que deu origem à atual Paraty que, na língua tupi, significa "peixe de rio" ou "viveiro de peixes".

O povoado foi emancipado pela carta régia de 28 de fevereiro de 1667, assinada pelo rei Afonso VI, com o nome de Nossa Senhora dos Remédios de Paraty. A rota do ouro no interior das Minas Gerais, no final do século XVII, transformou a vila de Paraty na porta de entrada para os que buscavam enriquecer.

Paraty pertence à Região da Costa Verde, que também abrange os municípios de Angra dos Reis e Mangaratiba. O município tem uma área total de 925,1 quilômetros quadrados, correspondentes a 44% da área da Região da Costa Verde. Os limites municipais, no sentido horário, são: São Paulo, Angra dos Reis e Oceano Atlântico. A rodovia Rio-Santos, BR-101, atravessa todo o território de Paraty no sentido norte-sul, enquanto a rodovia estadual RJ-165 o faz de leste a oeste, alcançando a localidade de Cunha, no Estado de São Paulo, em trecho não pavimentado. Parte predominante do território municipal é de preservação ambiental, concorrendo para tanto grande área do parque nacional da Bocaina, o

parque estadual de Paraty-Mirim, a área de preservação ambiental de Cairuçu, a terra indígena guarani araponga e a reserva extrativista da Joatinga.

Em 2010, de acordo com o IBGE (2003) Paraty tinha uma população de 37.533 habitantes, correspondente a 15,4% do contingente da Região da Costa Verde, com uma proporção de 102,1 homens para cada 100 mulheres. A densidade demográfica era de 40,5 habitantes por km², contra 115,7 habitantes por km² de sua região. A taxa de urbanização correspondia a 73% da população. Em comparação com a década anterior, a população do município aumentou 27%, o 19º maior crescimento no estado.

4.2 A BACIA DO RIO TAQUARI

A bacia hidrográfica do rio Taquari apresenta uma grande diversidade de características físicas e ambientais, esta condição reflete-se diretamente no processo de ocupação e nos problemas associados à falta de planejamento. Taquari é um núcleo urbano localizado a cerca de 20 km ao norte da sede do município e de acordo como o Censo do IBGE de 2010 apresentava uma população de 654 residentes e 287 flutuantes, perfazendo um total de 941 habitantes.

4.2.1 O clima da região

A região apresenta clima quente e úmido com temperatura anual variando de 18°C a 31°C e raramente é inferior a 15°C ou superior a 35°C.

Segundo Francisco (2004) a topografia e o recorte do litoral são os principais fatores que influenciam a irregularidade espacial das chuvas na região da Baía da Ilha Grande. Os locais que apresentam maior pluviosidade estão situados junto ao litoral, pois as frentes polares, quando chegam à região, são barradas pelo relevo, provocando assim chuvas orográficas, onde os índices anuais de chuvas podem atinge 2.300 mm (Figura 8).

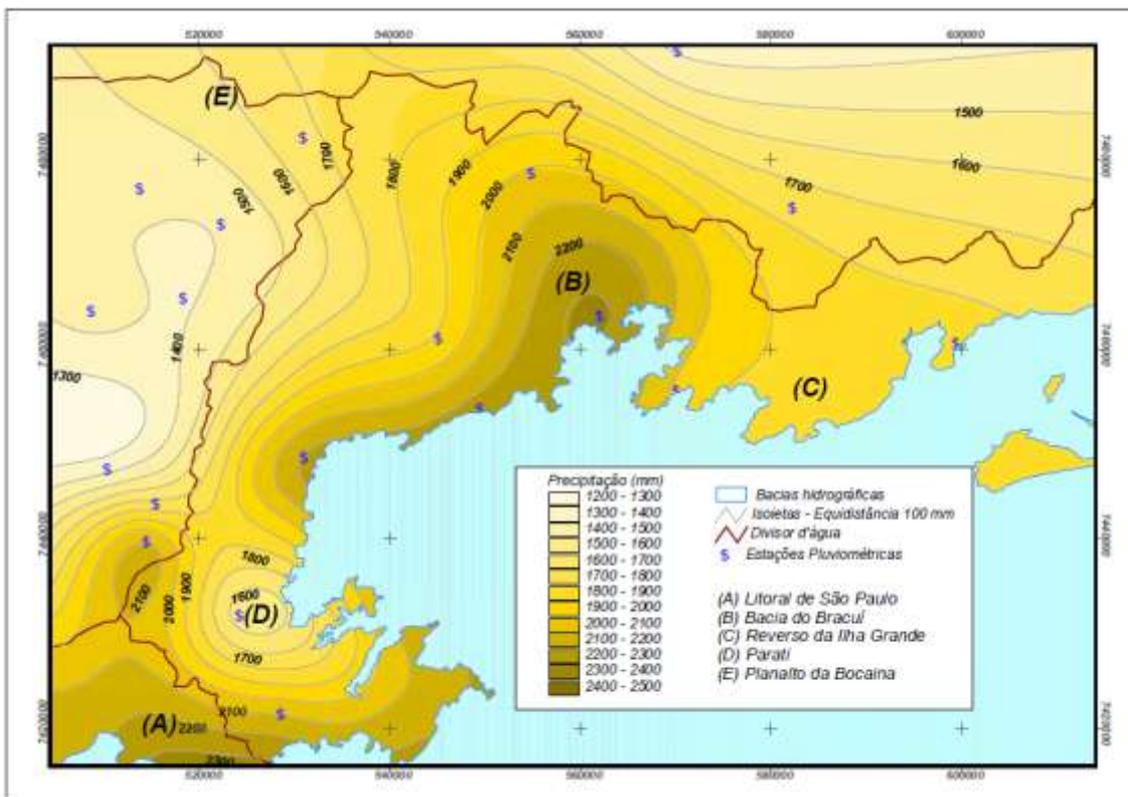


Figura 8 - Total pluviométrico anual da bacia de drenagem contribuinte à baía da Ilha Grande. Fonte: Francisco, 2004.

Oliveira e Galvani (2017) trabalharam em uma série histórica de 21 anos (1982-2002), operada pela CPRM. Os dados foram trabalhados por meio de 2 abordagens estatísticas. A primeira foi feita a partir do cálculo das medidas de tendência central, e a segunda abordagem estatística consistiu em elaborar gráficos do tipo *Box Plot* (Figura 9).

Segundo os autores, o posto de Paraty/RJ foi o que apresentou uma maior quantidade de ocorrências de valores máximos em 24h que superaram a média mensal esperada.

Respectivamente, para o mês de fevereiro, houve um incremento de 16,6%; para o mês de abril, houve um incremento de 27,2%; para o mês de junho, precipitou 116,5% a mais que a média esperada para mês; para o mês de julho, houve um aumento de 138,9%; para o mês de agosto, precipitou 12,1% a mais que a média; e, por fim, para o mês de outubro houve um aumento de 63,1% das chuvas esperadas para o mês.

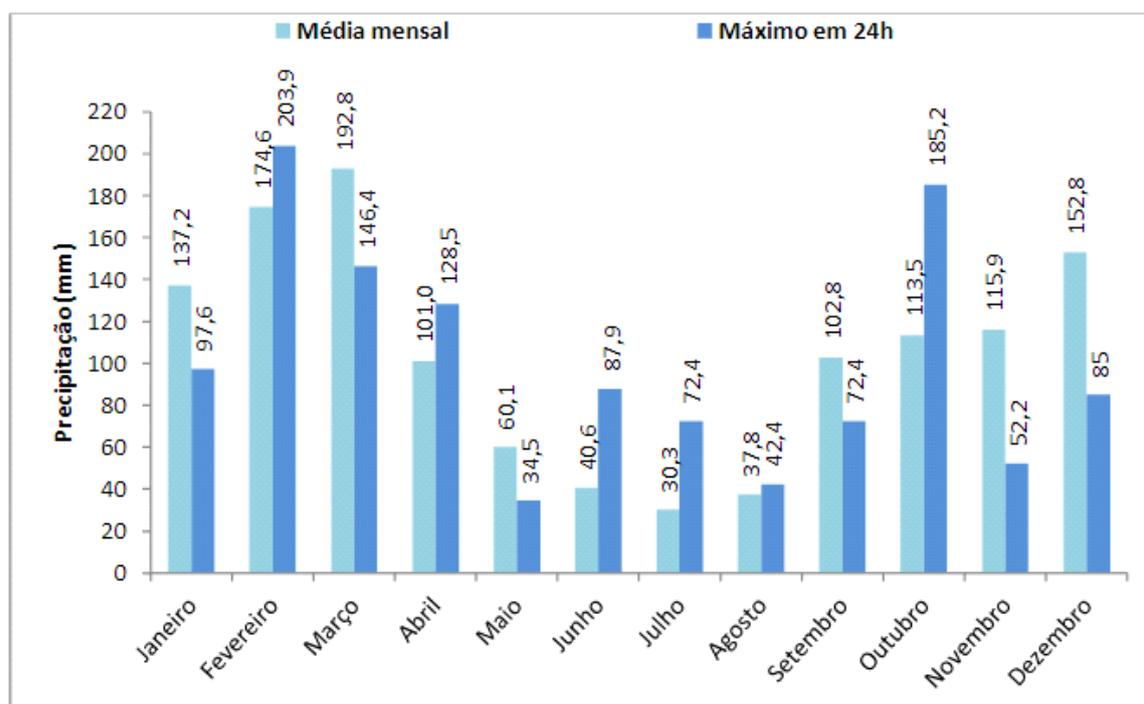


Figura 9 - Médias mensal e máximo de 24h para o município de Paraty.
Fonte: Oliveira e Galvani, 2017.

4.2.2 Os solos

Observando-se o mapa de solos da bacia do rio Taquari (Figura 10), podemos observar que a área apresenta Latossolo Vermelho-amarelo em toda a porção norte, nordeste e noroeste, Cambissolo Háptico de relevo ondulado nas porções norte, nordeste e noroeste, Cambissolo Háptico de relevo fortemente ondulado nas porções norte, nordeste e noroeste, Cambissolo Háptico de relevo montanhoso nas porções sul e central, Espodossolo Cárbico Hidromórfico na porção sul da bacia, Neossolos Litólicos nas porções norte, nordeste, noroeste e central, além de Neossolo Flúvico Háptico situado na porção sul da bacia.

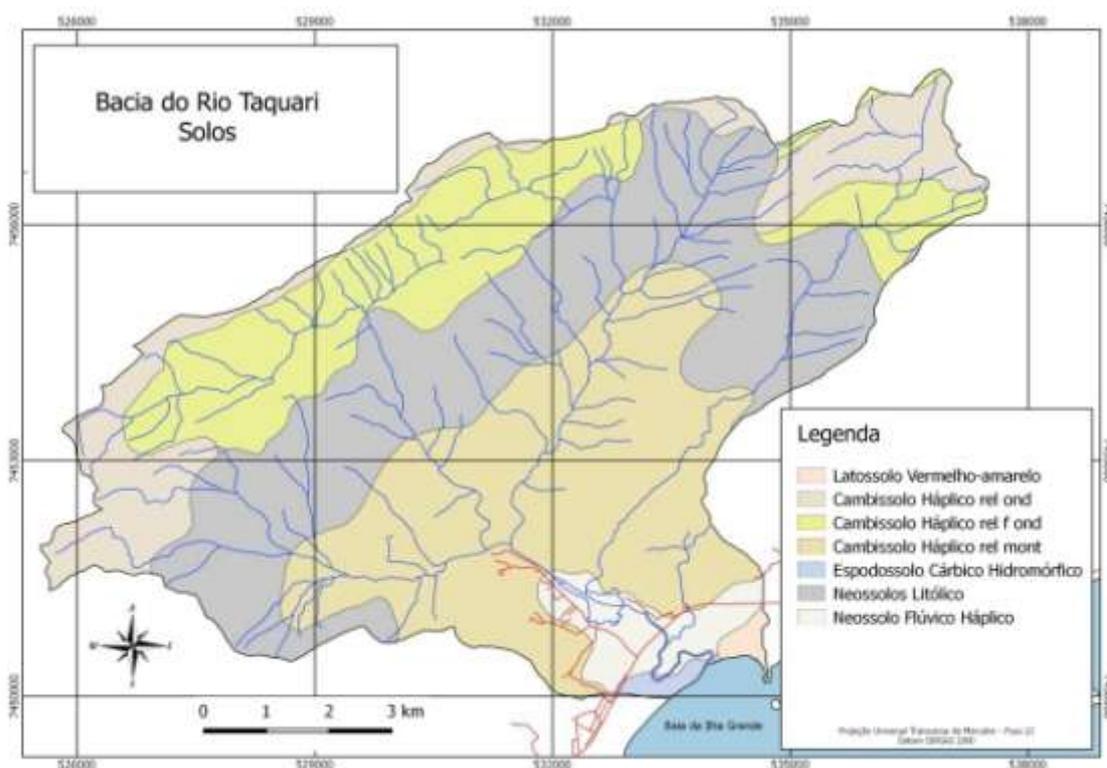


Figura 10– Mapa de Solos da Bacia do Rio Taquari(Fonte: base de dados vetoriais GeoInfo da EMBRAPA).

4.2.3 Geomorfologia

A geomorfologia de Paraty é constituída por planícies costeiras perto das montanhas. As esbeltas escarpas compõem a Serra do Mar. Os sistemas do rio drenam as montanhas, atravessar a planície costeira e descarregar no Oceano Atlântico (Guerra et al 2013). Segundo o mapa geomorfológico (Figura 11), a bacia rio Taquarié composta predominantemente por escarpas, seguido por morros altos nas porções norte e noroeste e morros baixos na porção oeste e sul. As planícies e terraços fluviais e marinhos (cordões litorâneos) localizam-se na porção sul da área, assim como as planícies flúvio-marinhas de brejos e mangues.

As rampas de alúvio-colúvio situam-se na porção centro-sul da bacia e, por fim, as vertentes recobertas por depósito de encostas localizam-se por toda a extensão da bacia.

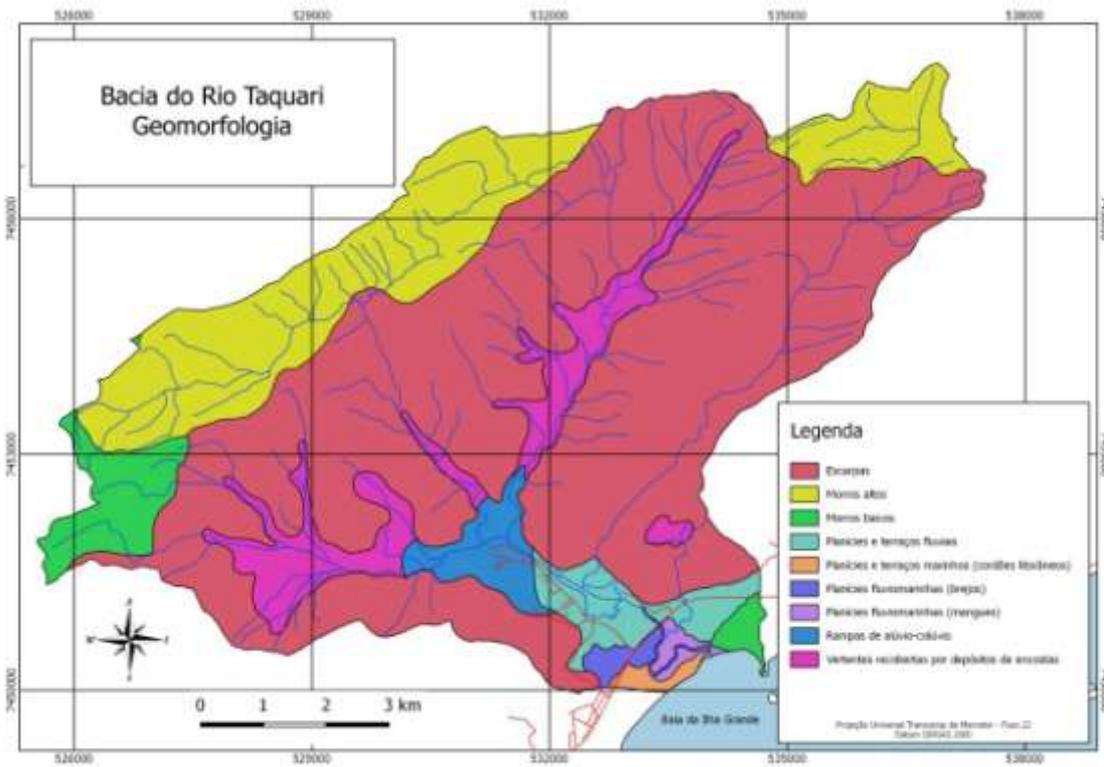


Figura 11– Mapa Geomorfológico da Bacia do Rio Taquari (Fonte: obtido da base GeoSGB, Sistema de Geociências do Serviço Geológico do Brasil-CPRM).

4.2.4 Declividade

Conforme o mapa de declividade da bacia do Rio Taquari (Figura 12), a maior parte da declividade corresponde a valores que variam entre 20 e 90°, seguida de declividades baixas (entre 10 e 20°) e área plana.

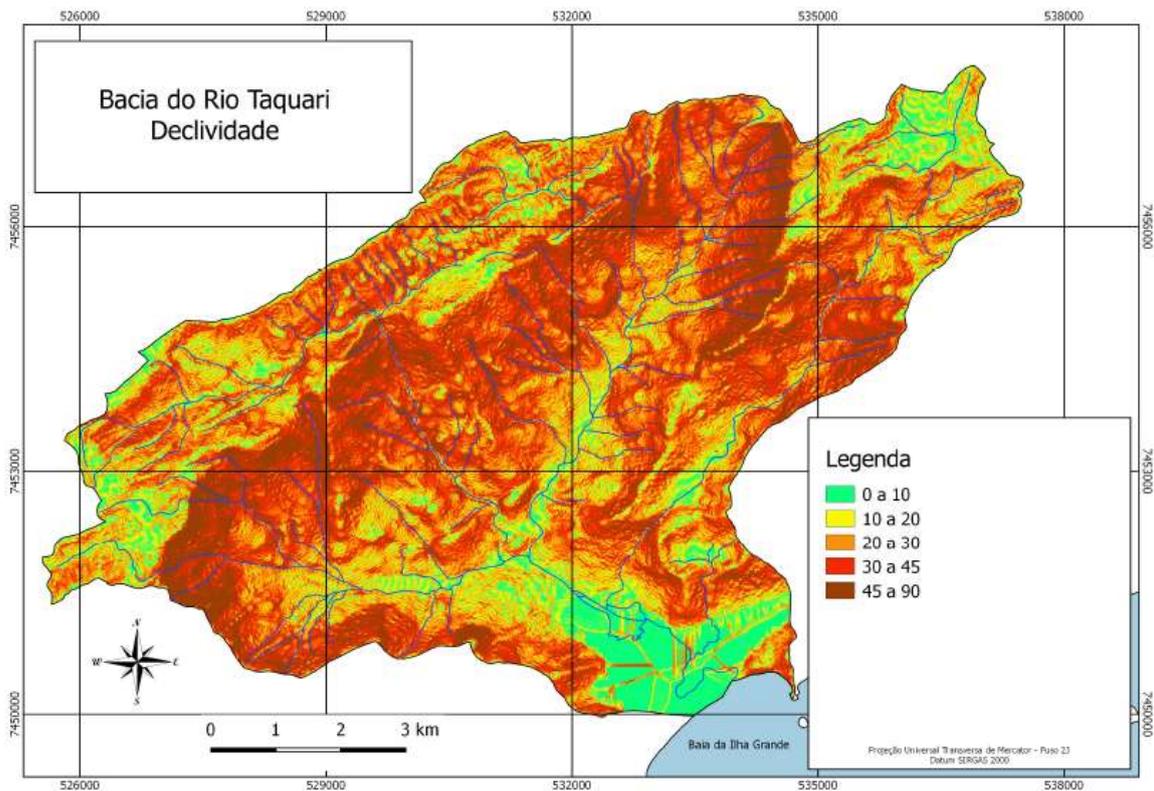


Figura 12– Mapa de Declividade da Bacia do Rio Taquari.

4.2.5 Geologia

Segundo Eirado *et al* (2006) o município de Paraty apresenta quatro unidades tectônicas da Faixa Ribeira, além do sedimento Quaternário. A Faixa Ribeira compreende um conjunto de terrenos tectônicos formados por associações litológicas e forte metamorfismo, todos empilhados sobre a margem do Cráton São Francisco (Figura 13).

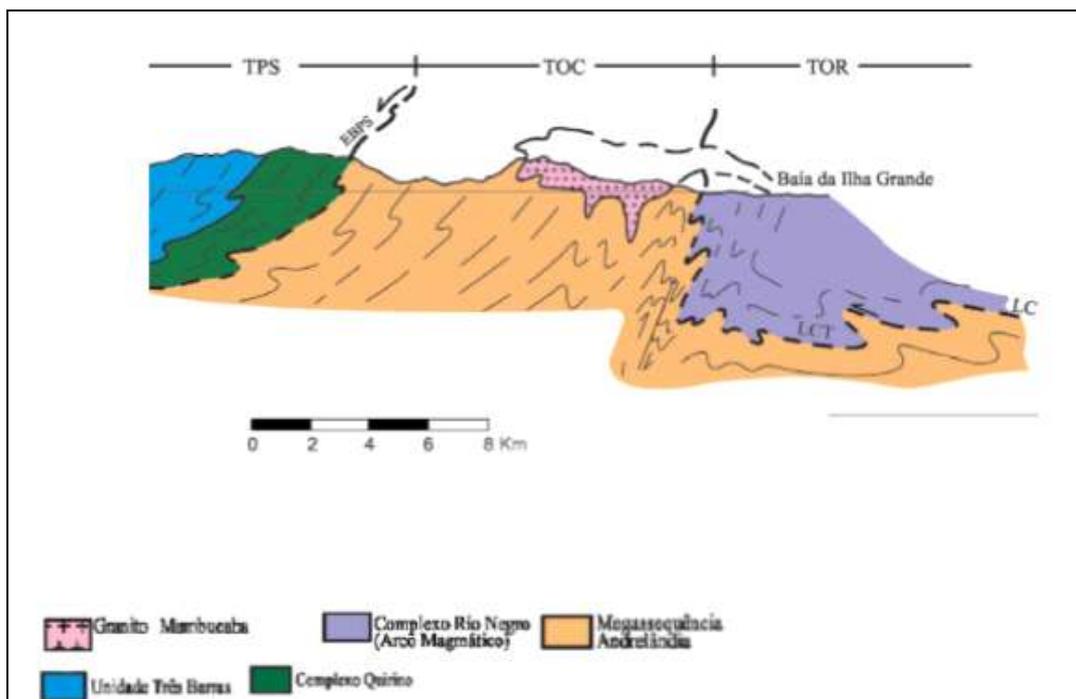


Figura 13 - Perfil geológico-estrutural. Abreviaturas: TPS - Terreno Paraíba do Sul, TOC - Terreno Ocidental, TOR - Terreno Oriental, LTC - Limite Tectônico Central, EBPS - Empurrão Basal do Terreno Paraíba do Sul.

Fonte: Eirado *et al*, 2016.

De acordo como o mapa geológico do Parque Nacional da Serra da Bocaina (2000), o município apresenta sedimentos Cenozoicos aluvionares, colúvio-aluvionares, flúvio-aluvionares, sedimentos de mangue e sedimentos de cordões marinhos e de praia, compostas por areias grossas a finas e sedimentos argilosos.

A Sequência de Metavulcânicas Sedimentares são compostas por xistos e gnaisses xistosos com associação de silimanita-granada-muscovita-biotita-xisto, gnaisses xistosos, quartzitos grossos, rochas cálcio-silicáticas, gonditos, anfibólios e rochas metabásicas.

Os Complexos Gnaissicos Granitoides são compostos por associações de gnaisses homogêneos de composição essencialmente monzograníticas, com variações granodioríticas, esienograníticas, finos a grossos, cinzentos por vezes róceos, holo a hololeucocráticos; Gnaisses bandados e laminados, de composição granítica a tonalítica, frequentemente com megacristais de feldspatos alcalinos, ambos com biotita e/ou hornblenda.

Também encontra-se Gnaisses bandados e Gnaisses homogêneos de composição tonalítica a sieno-diorítica, de textura equi ou inequigranular,

granulação fina a muito grossa, com biotita, hornblenda, granada, piroxênio e intercalações de quartzitos micáceos e/ou feldspáticos.

Os Granitos são do tipo biotita granito porfiríticos, leucocráticos, foleados a miloníticos, de granulação média a porfirítica.

Por fim, têm-se as rochas do Complexo de Alto Grau, compostas por uma associação de charnoquitosequigranulares a porfiríticos de coloração esverdeada.

Segundo o mapa geológico da bacia do rio Taquari (Figura 14), são encontradas na área cinco tipos principais de rochas, a saber: a rocha biotita granito encontra-se na porção sul da área de estudo, juntamente com o silte, argila e areia. O ortognaisse situa-se na porção centro-sul da área. A granada biotita gnaisse é a rocha que mais aparece no local de estudo, localizando-se em toda a extensão. Por fim, o granodiorito, granito e quartzodiorito situam-se nas porções norte e nordeste.

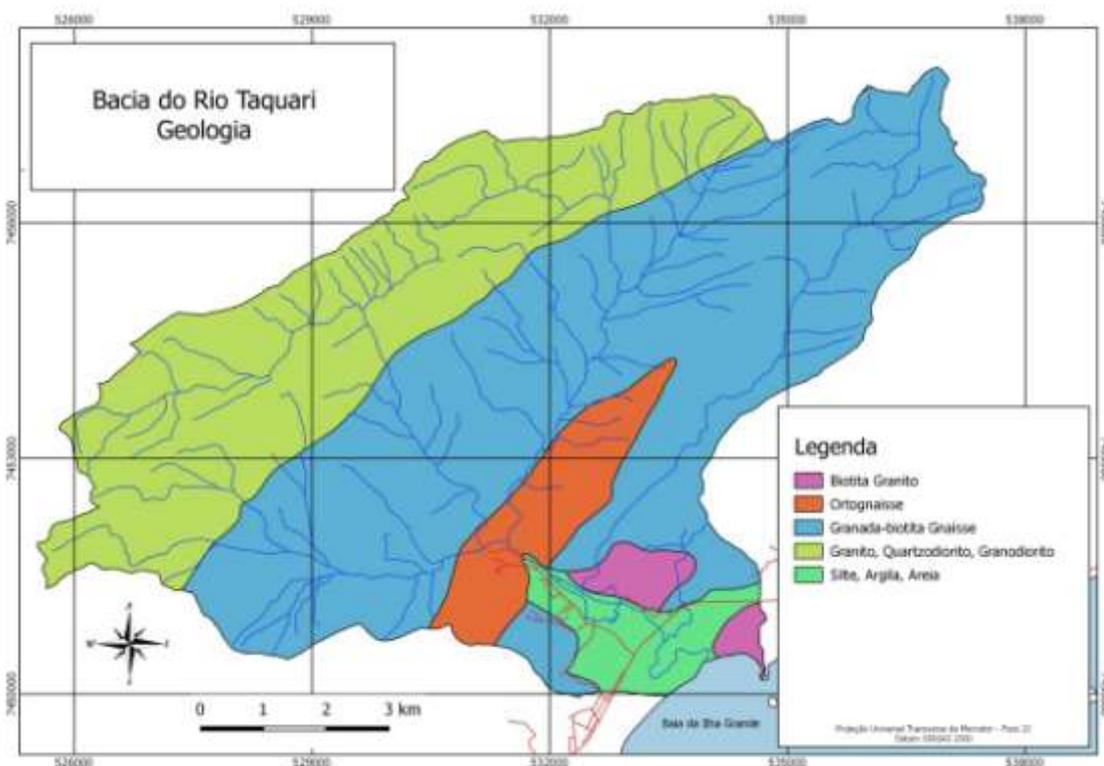


Figura 14– Mapa de Geologia da Bacia do Rio Taquari(Fonte: obtido da base GeoSGB, Sistema deGeociências do Serviço Geológico do Brasil-CPRM).

4.2.6 Uso e cobertura do solo

De acordo com IBAMA/Associação Pró-Bocaina (2002), o município de Paraty é cercado por uma Floresta Ombrófila Densa, montana e submontana. Segundo o mapa, menos de 5% da área corresponde a locais de reflorestamento de eucaliptos.

A cidade possui poucos aglomerados urbanos e a maioria reside em áreas de baixa declividade. Por contado município apresentar um relevo de topografia acentuada, a ocupação se dá de forma limitada nessas áreas.

A área do município é preferencialmente ocupada por atividades agrícolas e pecuária. O cultivo de banana é responsável por aproximadamente 90% da produção agrícola. Segundo o Mapa de Zoneamento Ambiental do município (2000), a maior parte da área engloba a zona primitiva, seguida da zona de uso extensivo e, após, zona de uso intensivo.

As áreas de impacto ambiental correspondem a problemas de assoreamento, desmatamento, lixo nas trilhas, poços artesianos, processos erosivos e queimadas.

A cobertura florestal da bacia do rio Taquari apresenta-se ainda bem preservada, tal fato está diretamente relacionado com a presença das restrições impostas pela presença do Parque Nacional da Serra da Bocaina, o relevo acidentado e a distância da sede do município, que é um dos principais atrativos turísticos da região. Entretanto, nos últimos anos, a área tem apresentado um importante incremento nas construções. Tal crescimento concentra-se no trecho do baixo curso, onde o relevo é mais favorável à ocupação e é caracterizado, principalmente, pelo adensamento de construções e terrenos urbanos anteriormente desocupados, com pouca expansão da mancha urbana (Figura 15).

As áreas desmatadas, cobertas por vegetação de gramíneas e, em menos proporção, apresentando solo exposto concentram-se no baixo curso, com pequenas manchas nos trechos mais elevados, associadas agricultura e a presença de afloramentos rochosos.

A praia apresenta pouca freqüência de banhistas devido ao isolamento, acesso feito por trilhas, a presença de manguezal e a inconstância na faixa de areia

que possui grande variação devido as condições hidrodinâmicas e ao balanço de sedimentos na foz do rio Taquari (Figura 16).

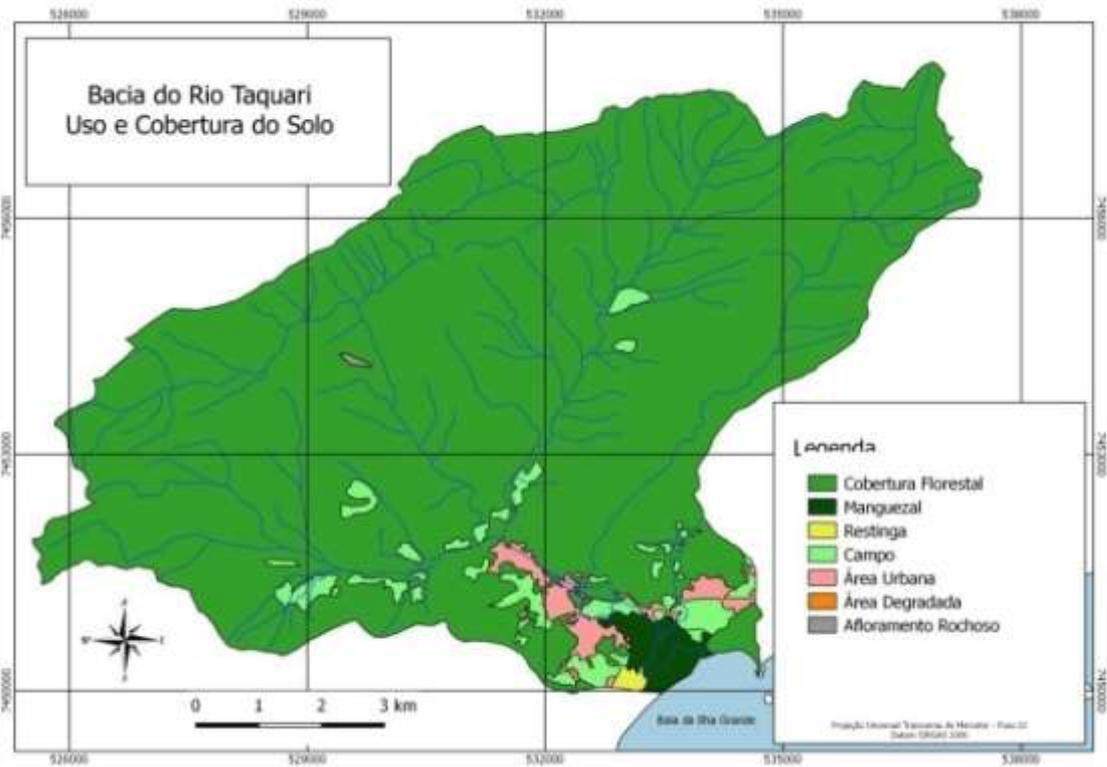


Figura 15 - Mapa de Uso e Cobertura do Solo.



Figura 16 – Alterações na faixa de areia da praia do Taquari devido às variações das condições hidrodinâmicas e ao balanço de sedimentos próximo a foz do rio Taquari.

Fonte: Adaptado de GoogleEarth.

4.2.7 Hipsometria

O mapa hipsométrico mostra que a bacia apresenta uma grande variabilidade nas características topográficas. A amplitude altimétrica é de 1298 metros, sendo a menor altitude encontrada na foz do rio Taquari, e a maior na escarpa da serra da Bocaina. Cerca de metade da bacia encontra-se a menos de 200 metros. A área com topografia mais baixa encontra-se restrita ao baixo curso próximo a rodovia BR-101 (Figura 17).

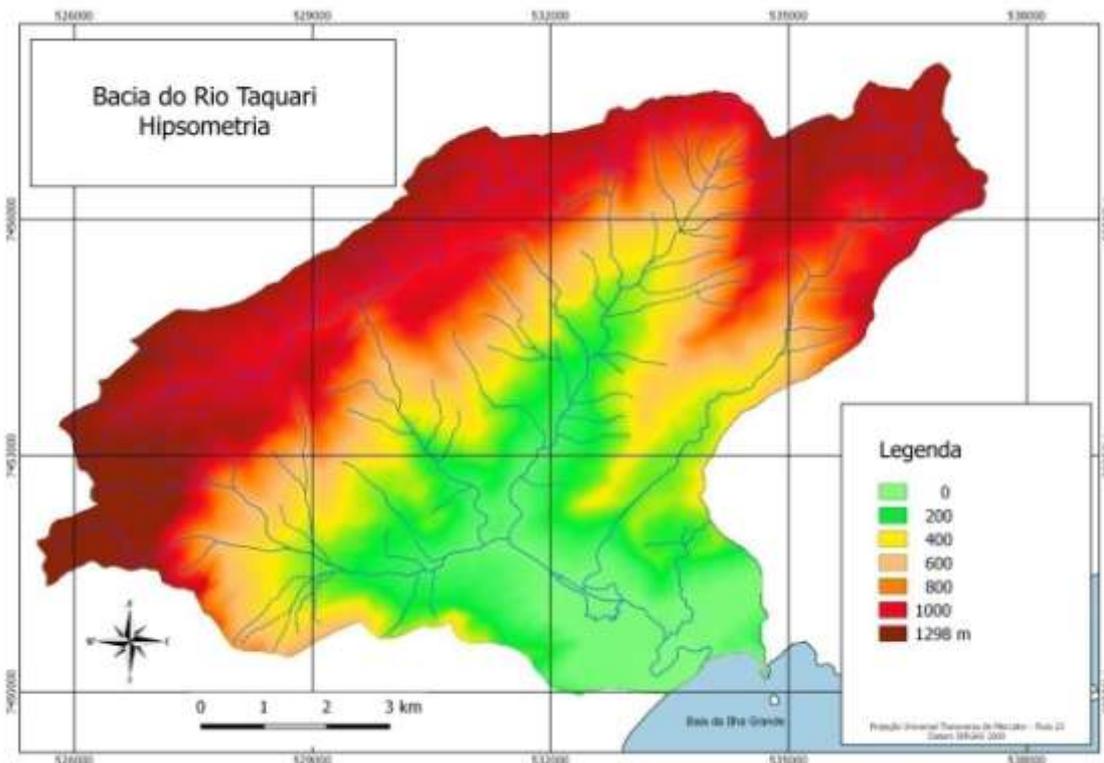


Figura 17 - Mapa Hipsométrico.

4.2.8 Hidrografia

A bacia hidrográfica do rio Taquarí é drenada por um conjunto de canais fluviais que nascem nas vertentes da Serra da Bocaina e deságuam na bacia da Ilha Grande e apresentam-se fortemente controlados pelas linhas estruturais do substrato geológico. Os principais contribuintes do rio Taquari são o Córrego da Fazenda, o Córrego da Melancia, o Córrego da Usina e o Córrego da Carranca da Usina (Figura 18). O baixo curso do rio Taquari apresenta um padrão meandrante, caracterizado pela baixa declividade de escoamento e sinuosidade do canal, onde comumente

ocorrem inundações nos períodos de chuva intensas. Um dos atrativos turísticos da bacia do rio Taquari é a presença de belas cachoeiras, que indicam a presença de níveis de base locais controlados pela estrutura geológica.

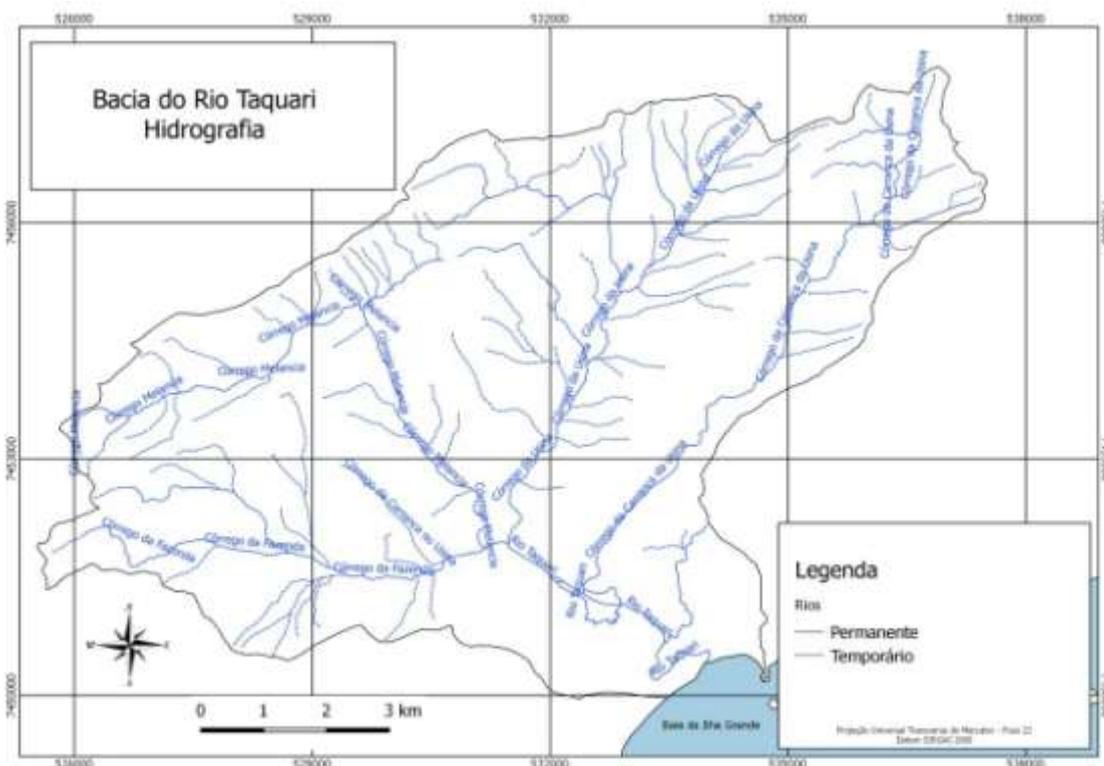


Figura 18 - Mapa de Hidrografia.

4.3 O PROCESSO DE OCUPAÇÃO E A SUSCETIBILIDADE ÀS INUNDAÇÕES

O processo de ocupação urbana da área desenvolveu-se exclusivamente no trecho de baixo curso devido às limitações impostas pelas características do relevo muito acidentado e a existência de impedimentos legais determinados pela existência do Parque Nacional da Serra da Bocaina que foi criado através do Decreto nº 68.172, de 4 de fevereiro de 1971.

Nos últimos anos o crescimento urbano tem se acelerado e, embora ainda apresente uma baixa densidade populacional, este crescimento já causa preocupação devido a falta de saneamento básico e a ocupação de áreas com risco de inundações.

O mapa da área urbanizada com as respectivas construções da bacia referente ao ano de 2005 mostra que a ocupação na bacia se apresentava muito

rarefeita, sendo mapeadas 298 construções em uma área de 0,642 Km² (Figura 19).

No entanto o mapa de 2017 mostra que, apesar de ainda rarefeita, apresentou um crescimento muito grande da ocupação na bacia em apenas 11 anos, sendo mapeadas 618 construções em uma área de 1,013 Km² (Figura 20). Este crescimento ocorreu de forma indiscriminada, inclusive, nas áreas próximas as margens dos canais fluviais.

Este crescimento pode estar sendo impulsionado pelos atrativos turísticos da região que são explorados de forma intensiva e dependem das paisagens formadas pelo contraste entre as montanhas, o mar e a presença de rios, cachoeiras e praias em um ambiente integrado e frágil. A necessidade de preservação da qualidade ambiental torna-se fundamental para a exploração do turismo local a médio e longo prazo.

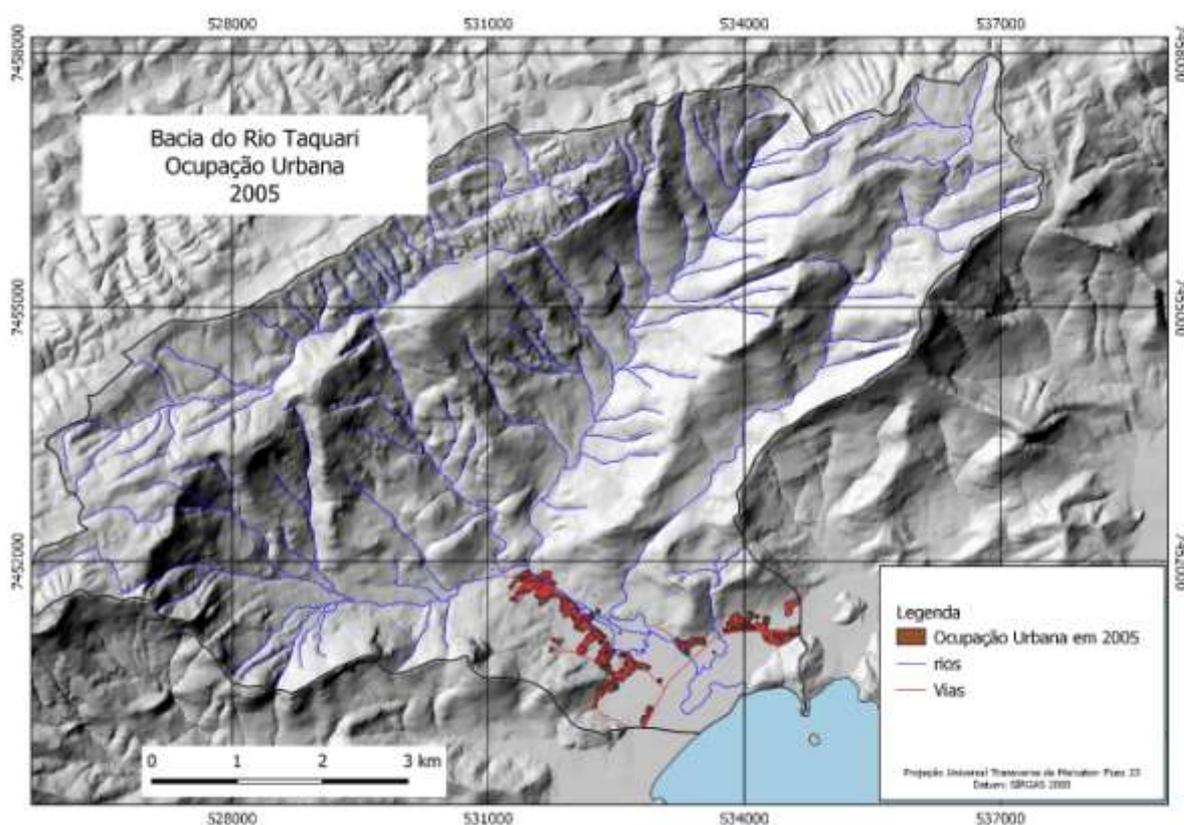


Figura 19 – Mapa da ocupação urbana na bacia do rio Taquari em 2005.

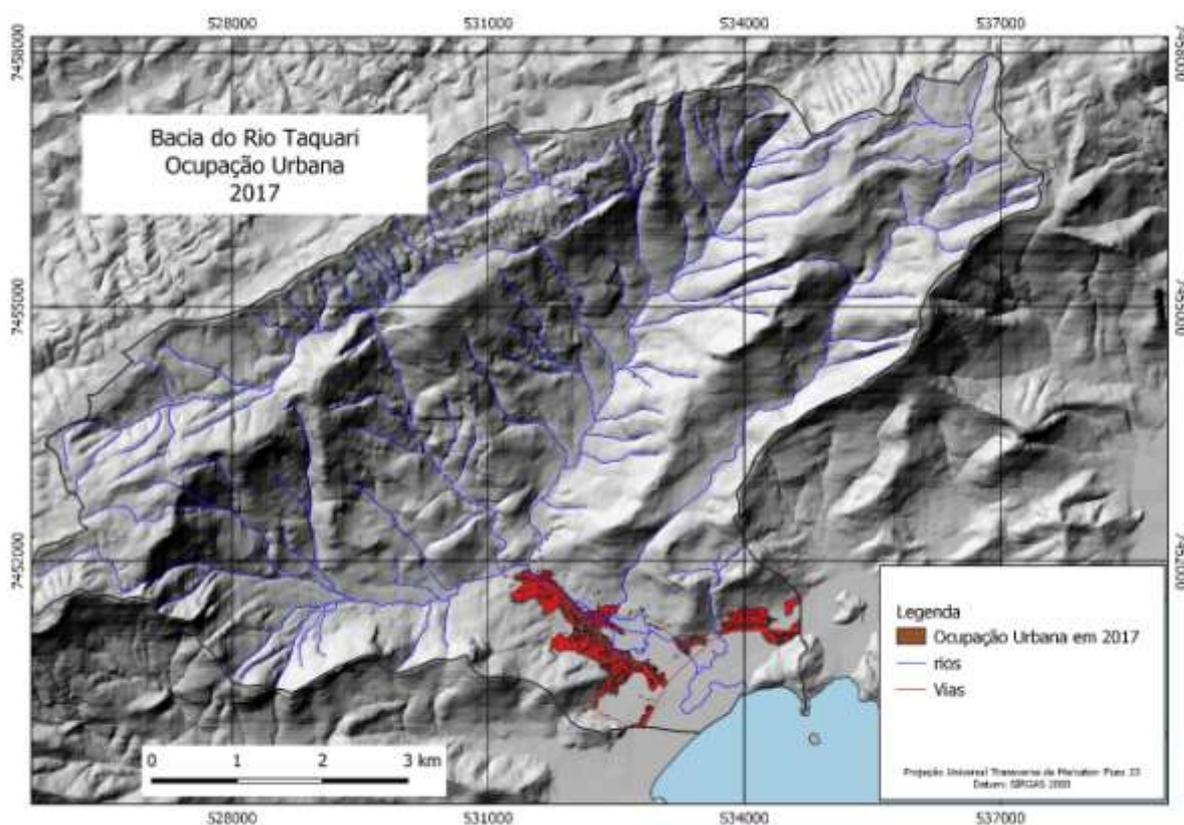


Figura 20 – Mapa da ocupação urbana na bacia do rio Taquari em 2017.

A Lei Orgânica de Paraty de 5 de abril de 1990, em seu artigo 194, considera o rio Taquari como uma das áreas de relevantes interesses ecológicos, cuja utilização dependerá de prévia autorização dos órgãos competentes, preservados seus atributos essenciais (Câmara Municipal de Paraty, 1990). No entanto podemos observar várias construções instaladas próximo às margens do canal fluvial.

A vocação turística da bacia é facilmente identificada pelo grande número de estabelecimentos destinados à hospedagem (Figura 21), tanto formais como informais. Contudo o turismo sofre oscilações durante os meses do ano devido à sazonalidade climática o grande potencial para o agroecoturismo e ainda é pouco explorado.



Figura 21–Pousada existente na Bacia do Rio Taquary-RJ.

Em todo o município de Paraty a atividade turística assume grande importância sendo responsável por 80% do PIB municipal.

Além dos locais para banho de rio, destacam-se as cachoeiras, as trilhas e a faixa de praia. As cachoeiras da Melancia e a cachoeira da Usina são alguns dos locais mais visitados da bacia.

A análise da evolução do crescimento urbano foi realizada com base nos mapas de áreas construídas nos anos de 2005 e 2017 e demonstrou que houve um grande crescimento da urbanização da bacia no período (Tabela 1).

A área construída cresceu de 0,642 Km² em 2005 para 1,013 Km² em 2017. Quanto ao número de construções o crescimento foi de 298 em 2005 para 618 em 2017 (Figuras 22 e 23).

O crescimento da área urbana sob risco de inundações no período foi de 48%, no entanto o número de construções em condições de risco cresceu em 113%.

Tabela 1 - Densidade de construções

	Área construída Km²	Número de construções	Densidade de construções
2005	0,642	298	464
2017	1,013	618	610
Variação (2005 a 2017)	0,371	320	146

Como a ocupação urbana concentra-se na unidade geomorfológica representada pela planície de inundação que corresponde às áreas de acumulação fluvial e fluvio-marinha, existe uma tendência natural de ocorrência de inundações. As inundações periódicas tendem a afetar de forma mais intensa e com menor recorrência as construções próximas ao canal fluvial que se encontram em condições topográficas mais desfavoráveis.

A ocorrência de inundações recorrentes pode ser avaliada com base nas construções mais recentes que são instaladas sobre pilotis (Figuras 23 e 25).

De acordo com Tominaga *et al* (2009), a magnitude das inundações ocorre de acordo com a intensidade e distribuição das chuvas, bem como as características da capacidade de infiltração de água do solo, grau de saturação e condições geomorfológicas da bacia de drenagem.

Dentre os fatores desfavoráveis temos a forma da bacia que contribui para uma rápida concentração do fluxo de água na área de baixada e afeta o tempo de concentração, que é o intervalo de tempo necessário para que as águas precipitadas, com a mesma intensidade sobre toda a bacia, estejam contribuindo para a seção limite da bacia, atendidas às necessidades de infiltração (SEMADS, 2001). A bacia apresenta K_c de 1,48 o que representa uma bacia com tendência mediana a grandes enchentes e K_f igual a 0,753 indicando que a área é sujeita a enchentes. Este ponto desfavorável é compensado pela existência do PNSB que garante a presença de uma densa cobertura florestal preservada ocupando as encostas, minimizando a ocorrência de fluxos superficiais, o que aumenta o tempo necessário para a concentração da água escoada.

De acordo com Christofolletti (1980) a densidade de drenagem é reconhecida como variável das mais importantes na análise morfométrica das bacias de drenagem, representando o grau de dissecação topográfica em paisagens elaboradas pela atuação fluvial ou expressando a quantidade disponível de canais de escoamento.

A densidade de drenagem na bacia é de $2,461 \text{ km/km}^2$ o que indica que a bacia do rio Taquari apresenta uma densidade de drenagem boa, ou seja, com sistema de drenagem é bem desenvolvido.

A Extensão do Percurso superficial (Eps) é uma das mais importantes variáveis morfométricas e descreve o grau de desenvolvimento do sistema de

drenagem de uma dada bacia hidrográfica (Horton, 1945). O Eps representa o comprimento do trajeto superficial que será percorrido pelo escoamento desde o interflúvio até um canal fluvial, representando o percurso das enxurradas do topo da vertente até o curso d'água, sendo fortemente influenciado pela capacidade de infiltração do solo. Na bacia do rio Taquari o Eps é 0,203, significando que a enxurrada deve percorrer, em média, 203m até encontrar com um canal.

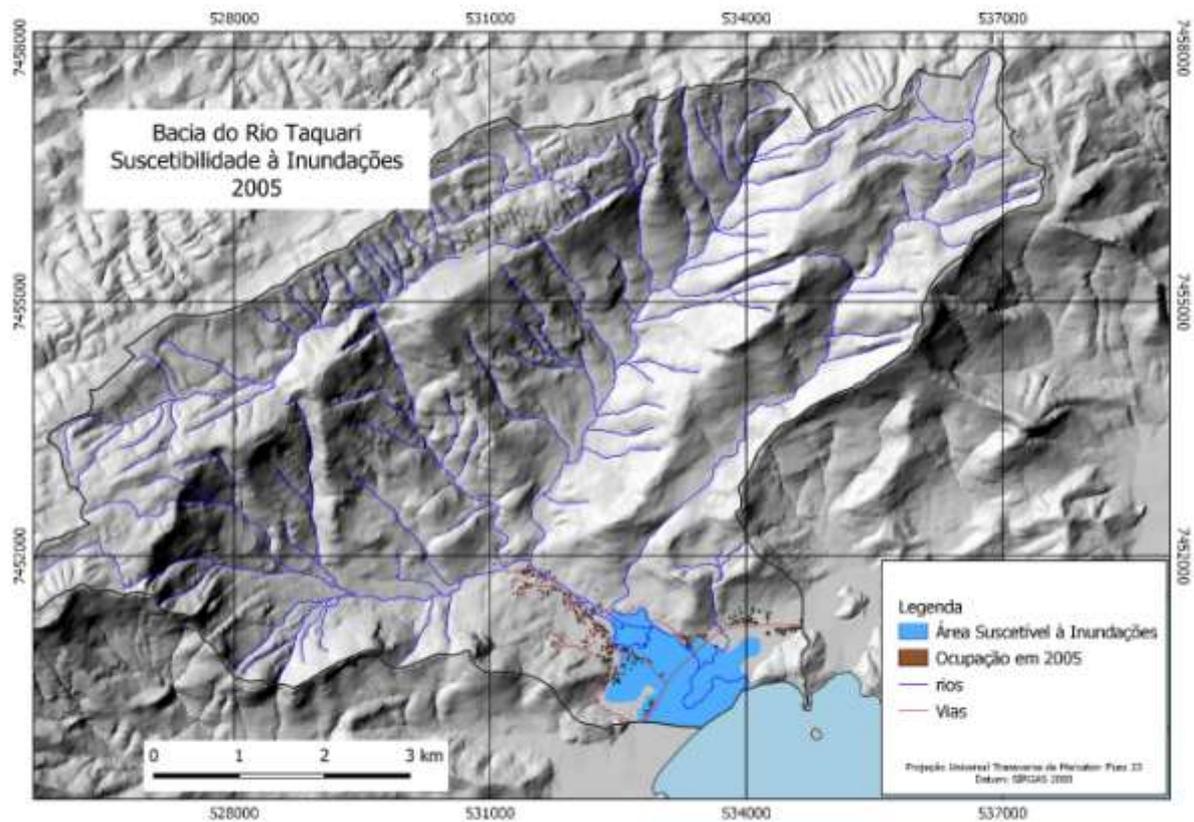


Figura 22 – Suscetibilidade à Inundações em 2005.

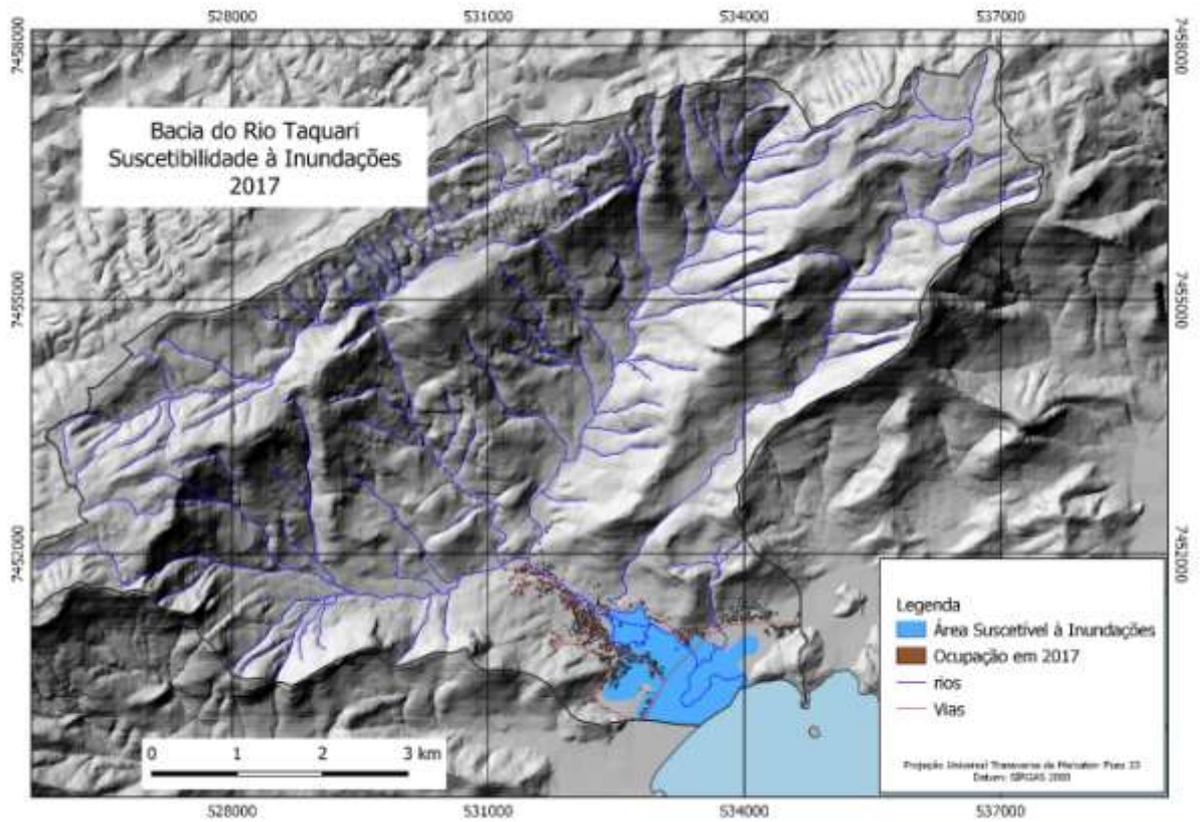


Figura 23 - Suscetibilidade à Inundações em 2017.



Figura 24 - Casas construídas sobre pilotis para prevenir as inundações.



Figura 25 - Casas construídas em nível elevado para prevenir as inundações.

As características geomorfológicas da bacia também afetam o regime de chuvas. A presença de chuvas orográficas, onde a precipitação tende a ocorrer em lugares com terreno elevado que força a ascensão do ar seguida de sua expansão, que, por ocasião de marés de sizígia podem aumentar os riscos de ocorrência de inundações.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de apresentar uma baixa densidade populacional a área urbanizada da bacia passa por um crescimento acelerado podendo em poucos anos atingir uma concentração urbana indesejável devido a fragilidade do ambiente.

A área construída cresceu de 0,642 Km² em 2005 para 1,013 Km² em 2017 e o número de construções o aumentou de 298 em 2005 para 618 em 2017. O crescimento da área urbana sob risco de inundações no período foi de 48%, no entanto o número de construções em condições de risco cresceu em 113%.

As nascentes e os trechos de alto curso dos rios da bacia encontram-se protegidos por uma densa cobertura florestal devido ao relevo acidentado e a existência do Parque Nacional da Serra da Bocaina, o que limita o crescimento do núcleo urbano ao baixo curso.

A presença de manguezal próximo á foz do rio Taquari impede a ocupação das margens do canal fluvial a jusante a rodovia BR-101.

Além dos problemas causados pelas inundações, o processo de ocupação acelerado sem o devido planejamento, pode acarretar sérios problemas como o comprometimento da qualidade das águas dos rios e a degradação do frágil ecossistema do manguezal além de afetar a balneabilidade da praia.

A análise das condições da ocupação do solo em áreas sujeitas a inundações pode contribuir para o planejamento urbano e constituem as formas mais adequadas de harmonizar a necessidade de crescimento com a manutenção da qualidade do meio ambiente e a proteção dos cidadãos e seus bens.

Além de indicar as áreas seguras para urbanização, o zoneamento das áreas de risco pode contribuir para evitar a ocupação de locais sujeitos à ocorrência de fenômenos diversos que colocam suas vidas em risco.

REFERÊNCIAS

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 16. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012. 332 p.

BRASIL. Lei Nº 12.608, de 10 de abril de 2012. **Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC**; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil – CONPDEC; e dá outras providências. Brasília, 2012.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

COSTA, H., WILFRIED, T. **Enchentes no estado do Rio de Janeiro**: uma abordagem geral. Projeto Planágua Semads/GTZ, Rio de Janeiro, 2001, 160p.

EIRADO, L. G.; HEILBRON, M.; ALMEIDA, J. C. H. **Os Terrenos Tectônicos da Faixa Ribeira na Serra da Bocaina e na Baía da Ilha Grande, Sudeste do Brasil**. Revista Brasileira de Geociências. v. 36, n. 3, p. 426-436, 2006.

FRANCISCO, C. N. **Subsídios à gestão sustentável dos recursos hídricos no âmbito municipal**: o caso de Angra dos Reis, RJ/ Cristiane Nunes Francisco. Tese (Doutorado em Geociências – Geoquímica Ambiental) – Universidade Federal Fluminense. Niterói: [s.n.], 2004.

GUERRA, A. J. T.; BEZERRA, J. F. R.; JORGE, M. C. O.; FULLEN, M. A. **The geomorphology of Angra dos Reis and Paraty Municipalities, Southern Rio de Janeiro State**. Revista Geonorte, v. 9, n. 1, p. 1- 21, 2013.

HORTON, R. E. **Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology**. Bulletin of the Geological Society of America, Washington, v.56, n.1, p.275-370, 1945.

IBAMA/ Associação Pró-Bocaina. **Plano de Manejo do Parque Nacional da Serra da Bocaina**. FASE II. Brasília: Versão Preliminar. 2002.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**/Diretoria de Geociências. Ortofotos. 1:25.000. Rio de Janeiro 2005.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Base Cartográfica Vetorial Contínua do Estado do Rio de Janeiro, na escala 1:25.000 (BC25_RJ), 2018.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Cidades. Acesso em 19 de setembro de 2018, disponível em <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=330380&search=rio-de-janeiro|paraty>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), **Panorama de Paraty – RJ**, 2010. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/paraty/panorama>> Acesso em: 2018 ago.

JHA, A. K.; BLOCH, R. E J. Cidades e Inundações: **Um guia para a Gestão Integrada do Risco de Inundação Urbana para o Século XXI**. Um Resumo para os Formuladores de Políticas. Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento 2012.

KOBIYAMA, M.; Mendonça M.;Moreno,D.A.; Marcelino, I. P.V.O.; Marcelino.E.V; Gonçalves. E.F.; Brazetti. L.L.P; Fabris.R.(2006). “**Prevenção de Desastres Naturais Conceitos Básicos**”. Caderno Técnico. Curitiba. Brasil. Data de acesso 11 de Janeiro de 2010. <<http://www.crid.or.cr/digitalizacion/pdf/por/doc16640/doc16640.htm>>.

MINISTÉRIO DAS CIDADES/INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS–IPT. **Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios**. Brasília: Ministério das Cidades; 176 p. Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007. QGIS Project. 2017. **QGIS UserGuide Release 2.14**. 416p.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL – SEMADS – ESTADO DO RIO DE JANEIRO / SUPERINTENDÊNCIA ESTADUAL DE DE RIOS E LAGOAS. Enchentes no Estado do Rio de Janeiro – **Uma abordagem geral**. In: **Projeto Planágua SEMADS/GTZ de Cooperação Técnica Brasil-Alemanha.**, Rio de Janeiro: SERLA, 2001. v.8.

SILVA JUNIOR, C. H. L., da SILVA BEZERRA, D., ANDERSON, L. O., et al. (2016). **Zoneamento de susceptibilidade a deslizamentos induzidos em bacias hidrográficas com base na lógica fuzzy e no processo analítico hierárquico (AHP)**. Revista Brasileira de Cartografia, 68(9).

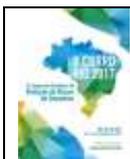
TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J. e AMARAL, R. (Organizadores). **Desastres Naturais-Conhecer para Prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. 193p.

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

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245 p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais: 1991 a 2012 / Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres**. 2. ed. rev. ampl. Florianópolis: CEPED UFSC, 2013. 126 p.

APÊNDICE



II Congresso Brasileiro de Redução de Riscos e Desastres:

Rio de Janeiro, RJ, Brasil – 11 a 14 de Outubro de 2017

SUSCETIBILIDADE A INUNDAÇÕES NA BACIA DO RIO TAQUARI, MUNICÍPIO DE PARATY-RJ

Thales Gustavo de Oliveira Costa¹, Reiner Olíbano Rosas² e Lucélia Granja de Mello³

¹UFF, Universidade Federal Fluminense, thalesgustavobm@yahoo.com.br

²UFF, Universidade Federal Fluminense, reiner_rosas@id.uff.br

³UFF, Universidade Federal Fluminense, luceliamello752@hotmail.com

RESUMO

As inundações estão cada vez mais comuns e representam um dos principais problemas em áreas urbanas dos países em desenvolvimento. A ocupação de terrenos inadequados, sem o devido planejamento, gera anualmente inúmeros prejuízos materiais, além da perda de vidas humanas. Dessa forma, o mapeamento de áreas suscetíveis a inundações tem sido importante instrumento de auxílio e planejamento territorial para os gestores municipais. Nesse contexto, a bacia do rio Taquari, localizada no município de Paraty-RJ, vem sofrendo uma série de inundações que podem ter seu efeito potencializado, devido ao grande crescimento urbano ocorrido nos últimos anos, aumentando o contingente populacional em condições de risco. Os objetivos do presente trabalho são mapear áreas suscetíveis a inundações na bacia do rio Taquari e avaliar como o crescimento urbano contribui para o aumento da população vulnerável a este tipo de evento. Para tal, foi elaborado um mapa da área sujeita a inundações, tendo com base os dados topográficos e as entrevistas com moradores do local. O mapeamento da ocupação urbana foi obtido por identificação visual em ortofotos de 2005 e imagem de satélite de alta resolução de 2016. O processo de ocupação urbana da área desenvolveu-se exclusivamente no trecho de baixo curso da bacia, devido às limitações impostas pelas características do relevo muito acidentado e pela existência de impedimentos legais determinados pela presença do Parque Nacional da Serra da Bocaina. Em 2005 a ocupação na bacia apresentava-se muito rarefeita, sendo mapeadas 298 construções em uma área de 0,64 Km². Contudo, em 2016 houve um significativo crescimento, sendo mapeadas 618 construções em uma área de 1,01 Km². Este crescimento ocorreu de forma indiscriminada, incluindo a ocupação de áreas próximas às

margens dos canais fluviais. Além dos problemas causados pelas inundações, o processo de ocupação acelerada e sem o devido planejamento pode acarretar sérios problemas, tais como o comprometimento da qualidade das águas dos rios e a degradação do frágil ecossistema do manguezal, além de afetar a balneabilidade da praia. A análise das condições da ocupação do solo em áreas sujeitas a inundações pode contribuir para o planejamento urbano e constituir forma mais adequada de harmonizar a necessidade de crescimento com a manutenção da qualidade do meio ambiente, além da proteção dos cidadãos e seus bens. Por fim, conclui-se que o zoneamento das áreas de risco pode contribuir para evitar a ocupação de locais sujeitos à ocorrência de fenômenos diversos, como a inundação, que coloca a vida de inúmeras pessoas em risco.

Palavras-chave: inundação. GIS. mapeamento. áreas de risco. desastres.

1 INTRODUÇÃO

O acelerado crescimento urbano que ocorre de forma desordenada acarreta uma série de problemas, como a falta de saneamento básico e a ocupação de habitações em áreas inadequadas.

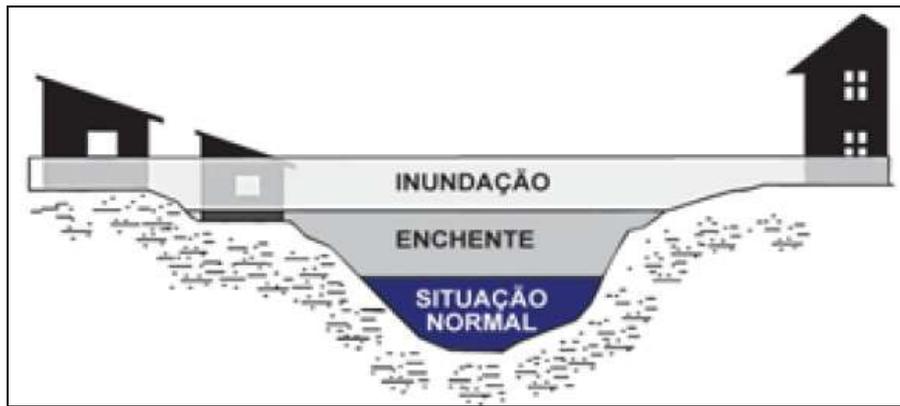
Este problema afeta principalmente a parcela da população menos favorecida, que tende a ocupar as áreas mais suscetíveis a ocorrências de desastres naturais, sendo as inundações periódicas uma das causas principais de perdas materiais e humanas no país.

Entende-se como desastres naturais o resultado dos impactos dos fenômenos naturais extremos sobre um sistema natural, causando desordem e sérios danos materiais e humanos (SILVA et al., 2016). As inundações ocorrem quando os volumes de água precipitada excedem a capacidade de infiltração do solo, de escoamento dos canais fluviais e dos sistemas de drenagem artificiais, ocorrendo o transbordamento das águas que atingem as áreas ocupadas pelas atividades humanas.

Segundo TUCCI (2003), a inundação ocorre quando as águas dos rios, riachos e galerias pluviais saem do leito de escoamento devido à falta de capacidade de transporte de um destes sistemas, ocupando áreas que a população utiliza para moradia, transporte (ruas, rodovias e passeios), recreação, comércio, indústria, entre outros. Segundo o MINISTÉRIO DAS CIDADES e IPT (2007), as inundações representam o transbordamento das águas de um curso d'água, atingindo a planície de inundação ou área de várzea.

As enchentes ou cheias são definidas pela elevação do nível d'água no canal de drenagem, devido ao aumento da vazão, que atingem a cota máxima do canal sem extravasar. Os alagamentos são o acúmulo momentâneo de águas em determinados locais por deficiência no sistema de drenagem, enquanto que as enxurradas representam o escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte, que pode ou não estar associado a áreas de domínio dos processos fluviais (Figura 1).

Figura 1. Perfil esquemático do processo de enchente e inundação.



Fonte: Ministério das Cidades e IPT , 2007.

As inundações representam um dos principais tipos de desastres naturais que afligem constantemente diversas comunidades em diferentes partes do planeta, sejam áreas rurais ou metropolitanas (MINISTÉRIO DAS CIDADES E IPT, 2007). JHAetal. (2002) afirmam que a ocorrência de inundações é o mais frequente de todos os desastres naturais e que estes eventos vêm aumentando significativamente. Somente em 2010, 178 milhões de pessoas foram afetadas pelas inundações.

Logo, as áreas sujeitas a inundações têm sido alvo de inúmeros estudos e vêm despertando cada vez mais o interesse da comunidade científica visto que, a cada ano, o número de pessoas atingidas e os prejuízos econômicos crescem consideravelmente. Dessa forma, é necessário reconhecer que a ocorrência destes desastres está relacionada a inúmeros fatores condicionantes e que o mapeamento de suscetibilidades dessas áreas de risco constitui uma etapa indispensável para o planejamento e demais tomadas de decisão dos gestores públicos visando à mitigação, prevenção e resposta.

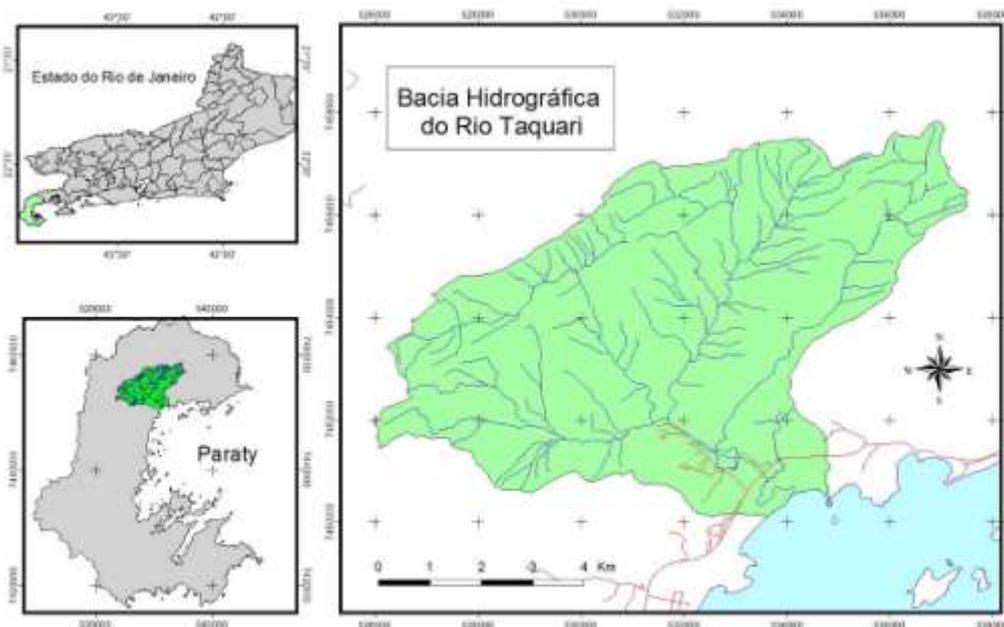
A bacia hidrográfica do rio Taquari localiza-se no Distrito de Tarituba, município de Paraty, litoral sul do estado do Rio de Janeiro. Possui uma área de 53,7 Km² e drena as encostas da Serra do Mar, localmente Serra da Bocaina, e deságua na baía da Ilha Grande (Figura 2). O médio e o alto curso do rio Taquari correm dentro do Parque Nacional da Serra da Bocaina (PNSB) e o baixo curso insere-se na planície costeira (flúvio-marinha) onde se encontra instalado o núcleo urbano.

O município de Paraty, que se insere no litoral sul do estado do Rio de Janeiro, na região denominada Baía da Ilha Grande, compõe a região turística da

Costa Verde. Possui uma área total de 925, 392Km² e população de 40.975 habitantes estimada para o ano de 2016 (IBGE, 2017). Paraty desenvolveu-se a partir da exploração de recursos naturais no interior, sendo ponto de partida para diversas trilhas e estradas da região em direção às áreas de mineração e exploração de outros recursos naturais. Possui várias trilhas centenárias e o conhecido caminho histórico, a estrada Cunha-Paraty, que historicamente fez parte das primeiras redes de interiorização e formação do território brasileiro.

Segundo o mapa elaborado por CARVALHO (2000), os principais solos do município são classificados em Cambissolos, Neossolos e Latossolos Vermelho Amarelo e a cobertura vegetal da área é do tipo Floresta Ombrófila Densa. O regime pluviométrico da região caracteriza-se pelos maiores índices de chuva no litoral fluminense, com totais anuais médios de aproximadamente 2.000mm, com índices máximos de até 3.000mm anuais.

Figura 2. Localização da área de estudo



Fonte: COSTA, 2017.

No que diz respeito à geologia, o município apresenta inúmeras zonas de cisalhamento e falhas associadas a rochas miloníticas, cataclásticas, sedimentos continentais, marinhos e mistos. Segundo o Mapa Geológico do Estado do Rio de Janeiro (SILVA, 2001), o município encontra-se sobre granitos e gnaisses do Complexo Gnáissico Granitoide e xistos da Sequência

Metavulcanossedimentar. As maiores amplitudes topográficas da área estão localizadas nas escarpas da Serra do Mar.

2 OBJETIVO

2.1 OBJETIVOS GERAIS

Os objetivos gerais do trabalho são mapear áreas suscetíveis a inundações na bacia do rio Taquari e avaliar como o crescimento urbano contribui para o aumento de população vulnerável a este tipo de evento.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Mapear as áreas suscetíveis à ocorrência de inundações.
- Mapear as áreas urbanas nos anos de 2005 e 2016.
- Avaliar o tipo de população (padrão das construções).

3 METODOLOGIA

Para a execução do trabalho foi elaborado, primeiramente, um banco de dados espacial para a bacia do rio Taquari, tendo como base cartográfica o mapeamento sistemático do Estado do Rio de Janeiro (IBGE, 2017), do qual foram extraídas as curvas de nível, os pontos cotados, a rede de drenagem, as massas de água e as vias de comunicação. Além disso, foi adotado como padrão cartográfico o sistema de coordenadas planas com **projeção UTM**, datum **SIRGAS 2000**, **fuso 23 S**.

Para o processamento das informações foi utilizado o *software* QGis 2.14 (QGIS Project, 2017) que é um Sistema de Informações Geográficas (SIG) livre e de código aberto licenciado, segundo a Licença Pública Geral GNU.

A delimitação da bacia hidrográfica do rio Taquari foi elaborada por digitalização manual de polígonos a partir da identificação visual dos divisores topográficos identificados pela conformação das curvas de nível.

O mapeamento das áreas urbanizadas e a identificação das construções referentes aos anos de 2005 e 2016 foram realizados através de edição manual de camada vetorial (polígonos) utilizando ferramenta de edição do QGis. Para a obtenção do mapa de 2005 foi utilizada como base a ortofoto na escala 1:25.000 (IBGE, 2005) e para o ano de 2016 a imagem DigitalGlobe obtida através do complemento QuickMapServices/Mapbox (QGIS Project, 2017).

A densidade das construções foi obtida pela relação entre o número de construções e a área urbanizada referente aos anos de 2005 e 2016.

A identificação das áreas suscetíveis a inundações foi realizada através da reclassificação do MDT, com base nos dados de localização de pontos de inundações identificados nas entrevistas com moradores do local. O MDT foi gerado através da interpolação dos dados topográficos, curvas de nível e pontos cotados, gerando um arquivo que posteriormente foi reclassificado em diferentes faixas altimétricas.

A avaliação do crescimento do processo de ocupação foi realizada por comparação através de tabulação cruzada dos mapas de 2005 e 2016, identificando em cada período o percentual da urbanização sob risco.

A forma da bacia é uma das características mais difíceis de serem expressas em termos quantitativos. Ela tem efeito sobre o comportamento hidrológico da bacia, como por exemplo, no tempo de concentração, que é definido como sendo o tempo, a partir do início da precipitação, necessário para que toda a bacia contribua com a vazão na seção de controle do canal, sendo muito importante devido à influência que exerce no tempo de transformação da chuva em escoamento e na sua constatação na seção de controle.

Para a avaliação da forma da bacia foi utilizado o coeficiente de compacidade (K_c) (Equação 1), que representa a relação entre o perímetro da bacia e o perímetro de um círculo de mesma área que a bacia. O K_c é sempre um valor > 1 (se fosse 1 a bacia seria um círculo perfeito). Quanto menor o K_c (mais próximo da unidade), mais circular é a bacia, menor é o tempo de concentração e maior a tendência de haver picos de enchentes.

Equação 1

$$K_c = \frac{P_{BH}}{P_c}; \quad K_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Onde P e A são respectivamente perímetro em km e área da bacia em km^2 .

O K_c pode ser interpretado da seguinte forma:

1,00 – 1,25 = bacia com alta propensão a grandes enchentes
1,25 – 1,50 = bacia com tendência mediana a grandes enchentes
> 1,50 = bacia com menor propensão a grandes enchentes

O fator de forma (Kf) (Equação 2) é representado pela razão entre a largura média da bacia (L) e o comprimento do eixo da bacia (L) (da foz ao ponto mais longínquo da área). Quanto menor o Kf, mais comprida é a bacia e, portanto, menos sujeita a picos de enchente, pois o tempo de concentração é maior e, além disso, fica difícil uma mesma chuva intensa abranger toda a bacia.

Equação 2

$$Kf = \frac{\bar{L}}{L} ; \quad \bar{L} = \frac{A}{L} ; \quad Kf = \frac{A}{L^2}$$

O fator de forma pode assumir os seguintes valores:

1,00 – 0,75.: sujeito a enchentes
0,75 – 0,50.: tendência mediana
< 0,50.: menor tendência a enchentes

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 O MAPEAMENTO DE RISCO DE INUNDAÇÃO NO MUNICÍPIO DE PARATY – RJ

O processo de ocupação urbana na área de estudo desenvolveu-se exclusivamente no trecho de baixo curso, devido às limitações impostas pelas características do relevo muito acidentado e a existência de impedimentos legais determinados pela existência do Parque Nacional da Serra da Bocaina, que foi criado através do Decreto nº 68.172, de 4 de fevereiro de 1971.

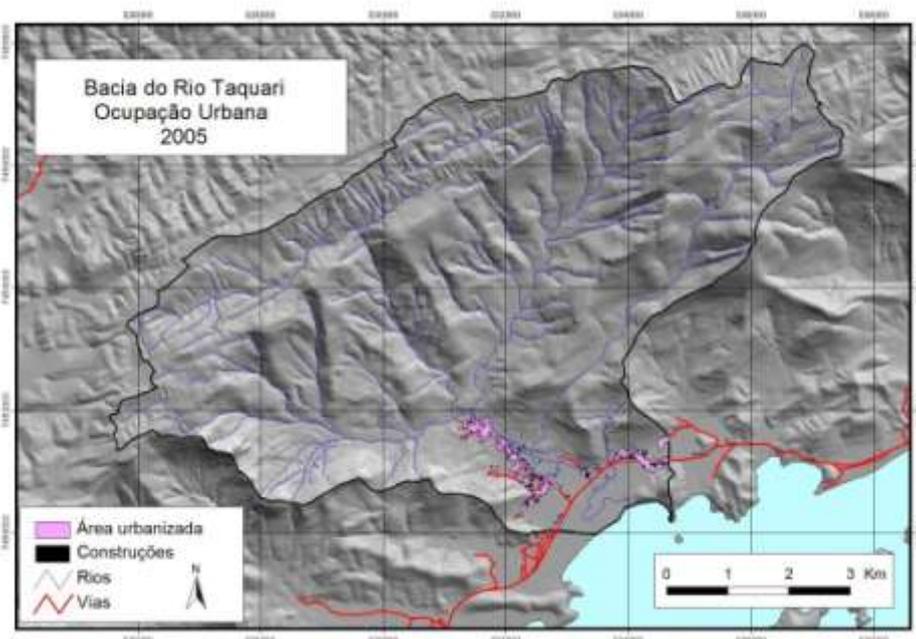
Nos últimos anos o crescimento urbano tem se acelerado e, embora ainda apresente uma baixa densidade populacional, este crescimento já causa preocupação devido à falta de saneamento básico e a ocupação de áreas com risco de inundações.

O mapa da área urbanizada com as respectivas construções da bacia referente ao ano de 2005 mostra que a ocupação na bacia se apresentava muito

rarefeita, sendo mapeadas 298 construções em uma área de 0,642 Km² (Figura 3). No entanto, o mapa de 2016 mostra que, apesar de ainda rarefeita, apresentou um crescimento muito grande da ocupação na bacia em apenas 11 anos, sendo mapeadas 618 construções em uma área de 1,013 Km²(Figura 4). Este crescimento ocorreu de forma indiscriminada, inclusive, nas áreas próximas as margens dos canais fluviais.

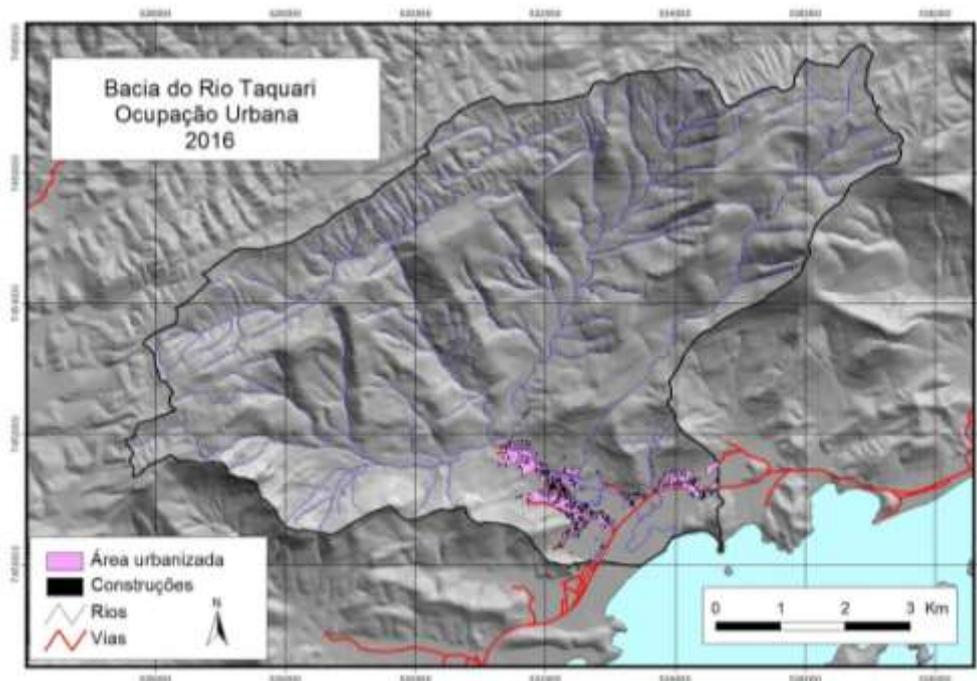
Nos trabalhos de campo pôde ser observado *in loco* um grande número de construções em andamento, demonstrando que a intensidade do crescimento continua elevada. Este crescimento pode estar sendo impulsionado pelos atrativos turísticos da região, que são explorados de forma intensiva e dependem das paisagens formadas pelo contraste entre as montanhas, o mar e a presença de rios, cachoeiras e praias em um ambiente integrado e frágil. Logo, a necessidade de preservação da qualidade ambiental torna-se fundamental para a exploração do turismo local a médio e longo prazo.

Figura 3. Mapa da ocupação urbana na bacia do rio Taquari em 2005.



Fonte: COSTA, 2017.

Figura 4. Mapa da ocupação urbana na bacia do rio Taquari em 2016.



Fonte: COSTA, 2017.

A Lei Orgânica de Paraty de 5 de abril de 1990, em seu artigo 194, considera o rio Taquari como uma das áreas de relevante interesse ecológico, cuja utilização dependerá de prévia autorização dos órgãos competentes, preservados seus atributos essenciais (CÂMARA MUNICIPAL DE PARATY, 1990). No entanto, podemos observar várias construções instaladas próximo às margens do canal fluvial.

A vocação turística da bacia é facilmente identificada pelo grande número de estabelecimentos destinados à hospedagem, tanto formais como informais. Contudo, o turismo sofre oscilações durante alguns meses do ano. Devido à sazonalidade climática, o grande potencial para o agroecoturismo ainda é pouco explorado. Em todo o município de Paraty a atividade turística assume grande importância sendo responsável por 80% do PIB municipal.

Além dos locais para banho de rio, destacam-se as cachoeiras, as trilhas e a faixa de praia. As cachoeiras da Melancia e da Usina são alguns dos locais mais visitados da bacia.

A análise da evolução do crescimento urbano foi realizada com base nos mapas de áreas construídas nos anos de 2005 e 2016 e demonstrou que

houve um grande crescimento da urbanização da bacia no período (Tabela 1). A área construída cresceu de 0,642 Km² em 2005 para 1,013 Km² em 2016. Quanto ao número de construções, o crescimento foi de 298 em 2005 para 618 em 2016 (Figuras 5 e 6).

O crescimento da área urbana sob risco de inundações no período foi de 48%, todavia o número de construções em condições de risco cresceu em 113%.

Tabela 1. Densidade de construções.

	Área construída Km²	Número de construções	Densidade de construções
2005	0,642	298	464
2016	1,013	618	610
Variação (2005 a 2016)	0,371	320	146

Fonte: COSTA, 2017.

Como a ocupação urbana concentra-se na unidade geomorfológica representada pela planície de inundação, que corresponde às áreas de acumulação fluvial e fluvio-marinha, existe uma tendência natural de ocorrência de inundações. As inundações periódicas tendem a afetar de forma mais intensa e com menor recorrência as construções próximas ao canal fluvial, que se encontram em condições topográficas mais desfavoráveis.

A ocorrência de inundações recorrentes pôde ser avaliada com base nas construções mais recentes que são instaladas sobre pilotis (Figura 7).

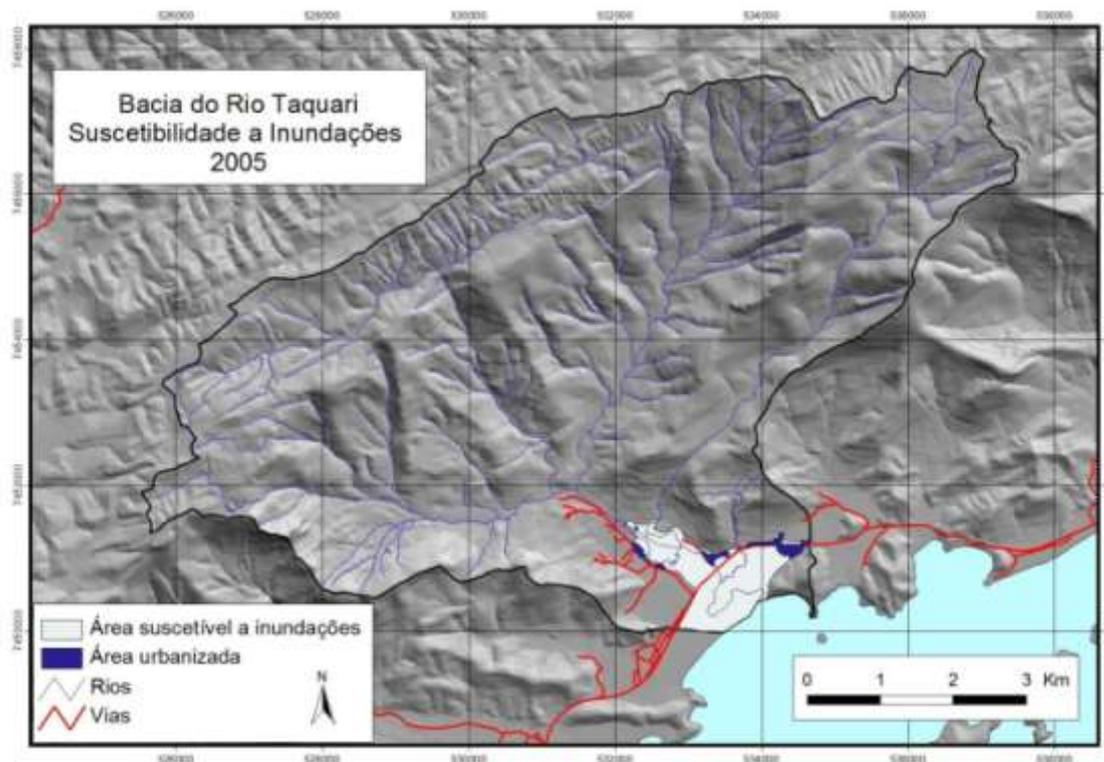
De acordo com TOMINAGA et al. (2009), a magnitude das inundações ocorre de acordo com a intensidade e a distribuição das chuvas, bem como as características da capacidade de infiltração de água do solo, grau de saturação e condições geomorfológicas da bacia de drenagem.

Dentre os fatores desfavoráveis temos a forma da bacia, que contribui para uma rápida concentração do fluxo de água na área de baixada e afeta o tempo de concentração, que é o intervalo de tempo necessário para que as águas

precipitadas, com a mesma intensidade sobre toda a bacia, estejam contribuindo para a seção limite da bacia, atendidas às necessidades de infiltração (SEMADS, 2001). A bacia apresenta K_c de 1,48 o que representa uma bacia com tendência mediana a grandes enchentes e K_f igual a 0,753 indicando que a área é sujeita a enchentes.

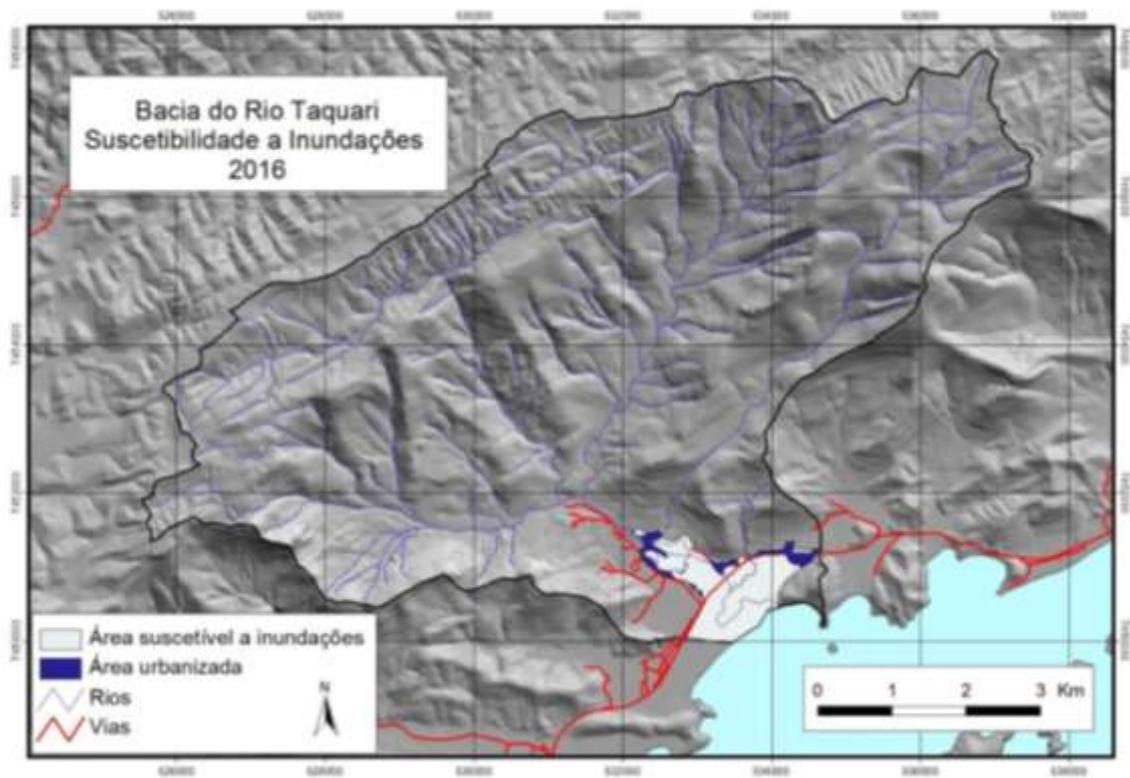
Este ponto desfavorável é compensado pela existência do PNSB que garante a presença de uma densa cobertura florestal preservada ocupando as encostas, minimizando a ocorrência de fluxos superficiais, o que aumenta o tempo necessário para a concentração da água escoada.

Figura 5. Suscetibilidade a inundações em 2005.



Fonte: COSTA, 2017.

Figura 6. Suscetibilidade a Inundações em 2016.



Fonte: COSTA, 2017.

Figura 7. Casas construídas sobre pilotis para prevenir as inundações.



Fonte: COSTA, 2017.

As características geomorfológicas da bacia também afetam o regime de chuvas. A presença de chuvas orográficas, onde a precipitação tende a ocorrer em lugares com terreno elevado, pode aumentar os riscos de ocorrência de inundações.

5 CONCLUSÃO

Pode-se concluir que apesar de apresentar uma baixa densidade populacional, a área urbanizada da bacia passa por um crescimento acelerado, podendo em poucos anos atingir uma concentração urbana indesejável, devido à fragilidade do ambiente.

A área construída cresceu de 0,642 Km² em 2005 para 1,013 Km² em 2016 e o número de construções aumentou de 298 em 2005 para 618 em 2016. O crescimento da área urbana sob risco de inundações no período foi de 48%, no entanto o número de construções em condições de risco cresceu em 113%.

As nascentes e os trechos de alto curso dos rios da bacia encontram-se protegidos por uma densa cobertura florestal devido ao relevo acidentado e a existência do Parque Nacional da Serra da Bocaina.

Além dos problemas causados pelas inundações, o processo de ocupação acelerada e sem o devido planejamento, pode acarretar sérios problemas como o comprometimento da qualidade das águas dos rios e a degradação do frágil ecossistema do manguezal, além de afetar a balneabilidade da praia.

A análise das condições da ocupação do solo em áreas sujeitas a inundações pode contribuir para o planejamento urbano e constitui a forma mais adequada de harmonizar a necessidade de crescimento com a manutenção da qualidade do meio ambiente e a proteção dos cidadãos e seus bens.

Além disso, o zoneamento das áreas de risco pode contribuir para evitar a ocupação de locais sujeitos à ocorrência de fenômenos diversos, que colocam a vida da população em risco.

6 REFERÊNCIAS

- CÂMARA MUNICIPAL DE PARATY. *Lei Orgânica do Município de Paraty*, 1990.
- CARVALHO FILHO, A. *Solos do Estado do Rio de Janeiro*/ Amaury Carvalho Filho et al. Brasília, CPRM, 2000.
- CEPED/ UFSC. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2010: volume Brasil. Florianópolis: CEPED/UFSC, 2012. 94p.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística/Diretoria de Geociências. *Ortofotos*, 1:25.000. Rio de Janeiro, 2005.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Cidades*. Acesso em 05 de junho de 2017, disponível em <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=330380&search=rio-de-janeiro|paraty>.
- JHA, A.K.; BLOCH, R.E.J. *Cidades e Inundações: Um guia para a Gestão Integrada do Risco de Inundação Urbana para o Século XXI. Um Resumo para os Formuladores de Políticas Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento*, 2012.
- MINISTÉRIO DAS CIDADES/INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS–IPT. *Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios*. Brasília: Ministério das Cidades, 176 p. Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007.
- QGIS Project. *QGIS User Guide Release 2.14*. 416p, 2017.
- SEMADS – SECRETÁRIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL – ESTADO DO RIO DE JANEIRO (2001). *Enchentes no Estado do Rio de Janeiro: Uma Abordagem Geral. Projeto PLANÁGUA SEMADS / GTZ de cooperação técnica Brasil-Alemanha*, v. 8.
- SILVA JUNIOR, C.H.L.; da SILVA. B.D.; OLIVEIRA, L.A, et al. *Zoneamento de susceptibilidade a deslizamentos induzidos em bacias hidrográficas com base na lógica fuzzy e no processo analítico hierárquico (AHP)*. Revista Brasileira de Cartografia, 68(9), 2016.
- SILVA, L.C. da. *Geologia do Estado do Rio de Janeiro: texto explicativo do mapa geológico do Estado do Rio de Janeiro*, organizado por Luiz Carlos da Silva e Hélio Canejo da Silva Cunha. Brasília: CPRM. 2 ed, 2001.
- TOMINAGA, L.K.; SANTORO, J. e AMARAL, R. (Organizadores). *Desastres Naturais-Conhecer para Prevenir*. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. 193p.
- TUCCI, M.C.; BERTONI, B.C. (Organizadores). *Inundações Urbanas na América do Sul*. Porto Alegre. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003.