

RAZÕES PARA AS ENCHENTES E INUNDAÇÕES NO CONDOMÍNIO RESIDENCIAL CARLOS MARIGHELLA: UMA ANÁLISE MULTITEMÁTICA DA BACIA DO RIO DO VIGÁRIO (MARICÁ/RJ)

REASONS FOR FLOODS AND RIVER FLOODING IN CARLOS
MARIGUELLA RESIDENTIAL CONDOMINIUM: A MULTITEMATIC
ANALYSIS OF THE RIO DO VIGÁRIO BASIN (MARICÁ – RIO DE
JANEIRO, BRAZIL)

RAZONES DE LAS INUNDACIONES Y DESBORDAMIENTO DE LOS
RÍOS EN EL CONDOMÍNIO RESIDENCIAL CARLOS MARIGUELLA: UN
ANÁLISIS MULTITEMÁTICO DE LA CUENCA DEL RIO DO VIGÁRIO
(MARICÁ – RIO DE JANEIRO, BRASIL)

Vinicius da Silva Seabra

Professor do Departamento de Geografia da Faculdade de Formação de Professores da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (FFP-UERJ)

E-mail: vinigeobr@yahoo.com.br

Otávio Miguez da Rocha-Leão

Professor do Departamento de Geografia da Faculdade de Formação de Professores da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (FFP-UERJ)

E-mail: orochaleao@hotmail.com

Resumo

Enchentes e inundações são eventos recorrentes no Brasil, causando perdas humanas e materiais em diferentes regiões do país. Sendo assim, este artigo tem a proposta de realizar uma análise multitemática da bacia do Rio do Vigário, localizada integralmente no município de Maricá, no estado do Rio de Janeiro, onde está inserido o condomínio residencial Carlos Marighella, que sofreu uma forte enchente, em março de 2016. Esta análise foi feita a partir da interpretação de mapas temáticos e da construção de um mapa final de susceptibilidade a enchentes e inundações, por metodologia GEOBIA. Os resultados apontam que todas as variáveis analisadas descrevem a área de entorno do condomínio como uma das mais problemáticas para a instalação deste empreendimento. O mapa final de susceptibilidade apontou o entorno desse condomínio residencial como de alta susceptibilidade a enchentes e inundações.

Palavras-chave: GEOBIA, análise espacial, susceptibilidade a enchentes e inundações, condomínio residencial Carlos Marighella, bacia do Rio do Vigário, Maricá/RJ.

Abstract

Floods are recurrent events in Brazil, causing human and material losses in different regions of the country. Therefore, this article has the proposal to perform a multi-thematic analysis of the Rio do Vigário basin, located entirely in the municipality of Maricá, in Rio de Janeiro state (Brazil), where Carlos Marighella residential condominium is located, which suffered a heavy flood in march 2016. This analysis was made from the interpretation of thematic maps and the construction of a final map of susceptibility to floods, by GEOBIA methodology. The results show that all the analyzed variables describe the surrounding area of the residential condominium as one of the most problematic for the installation of this project. The final susceptibility map pointed to this residential condominium environment as being highly susceptible to floods.

Keywords: GEOBIA, spatial analysis, susceptibility to floods, Carlos Marighella residential condominium, Rio do Vigário basin, Maricá (RJ/Brazil).

Resumen

Inundaciones son eventos recurrentes en Brasil, causando pérdidas humanas y materiales en diferentes regiones del país. En este artículo se propone realizar un análisis multitemático de la cuenca del Rio do Vigário, ubicada íntegramente en el municipio de Maricá, en estado de Rio de Janeiro (Brasil), donde está inserto el condominio residencial Carlos Marighella, que sufrió una fuerte inundación en marzo de 2016. Este análisis se hizo a partir de la interpretación de mapas temáticos y de la construcción de un mapa final de susceptibilidad a las inundaciones, por metodología GEOBIA. Los resultados apuntan que todas las variables analizadas describen el área de entorno de lo condominio como una de las más problemáticas para la instalación de este emprendimiento. El mapa final de susceptibilidad apuntó el entorno de este condominio residencial como de alta susceptibilidad a las inundaciones.

Palabras clave: GEOBIA, análisis espacial, susceptibilidad a las inundaciones, condominio residencial Carlos Marighella, cuenca del Rio do Vigário, Maricá (RJ/Brasil).

Introdução

Nos últimos anos, as diferentes ocorrências de desastres proporcionaram uma maior preocupação com esta temática, no Brasil. Esses eventos decorrem do resultado do impacto de um fenômeno natural, que afeta, direta ou indiretamente, a vida de uma sociedade/comunidade, gerando danos materiais e perdas de vidas (TOMINAGA, 2012). Os efeitos desses eventos diferem de uma localidade para outra, pois cada uma possui as suas particularidades, apresentando diferentes condições sociais, políticas, econômicas e geográficas, e, conseqüentemente, apresentando diferentes condições de riscos. Conhecer estes riscos e as particularidades de cada localidade possibilita a adoção de políticas públicas voltadas para a prevenção dos desastres, mitigando os seus impactos.

Com base nesse contexto, os municípios brasileiros precisam estar amparados por um conjunto de informações para poderem adotar medidas de prevenção aos desastres e para melhor planejar e gerir o ambiente ocupado. A utilização das geotecnologias e do geoprocessamento, tanto para as análises espaciais, quanto para a obtenção de dados sobre os municípios, fornece importantes ferramentas e metodologias para se analisar e tomar decisões com vista ao melhor uso dos recursos públicos. Portanto, é importante destacar que estes recursos devem ser aplicados com o máximo critério e conhecimento, observando-se todos os cuidados necessários para que a informação final apresentada seja empregada da melhor forma possível nos processos de tomada de decisão (SEABRA et al., 2015).

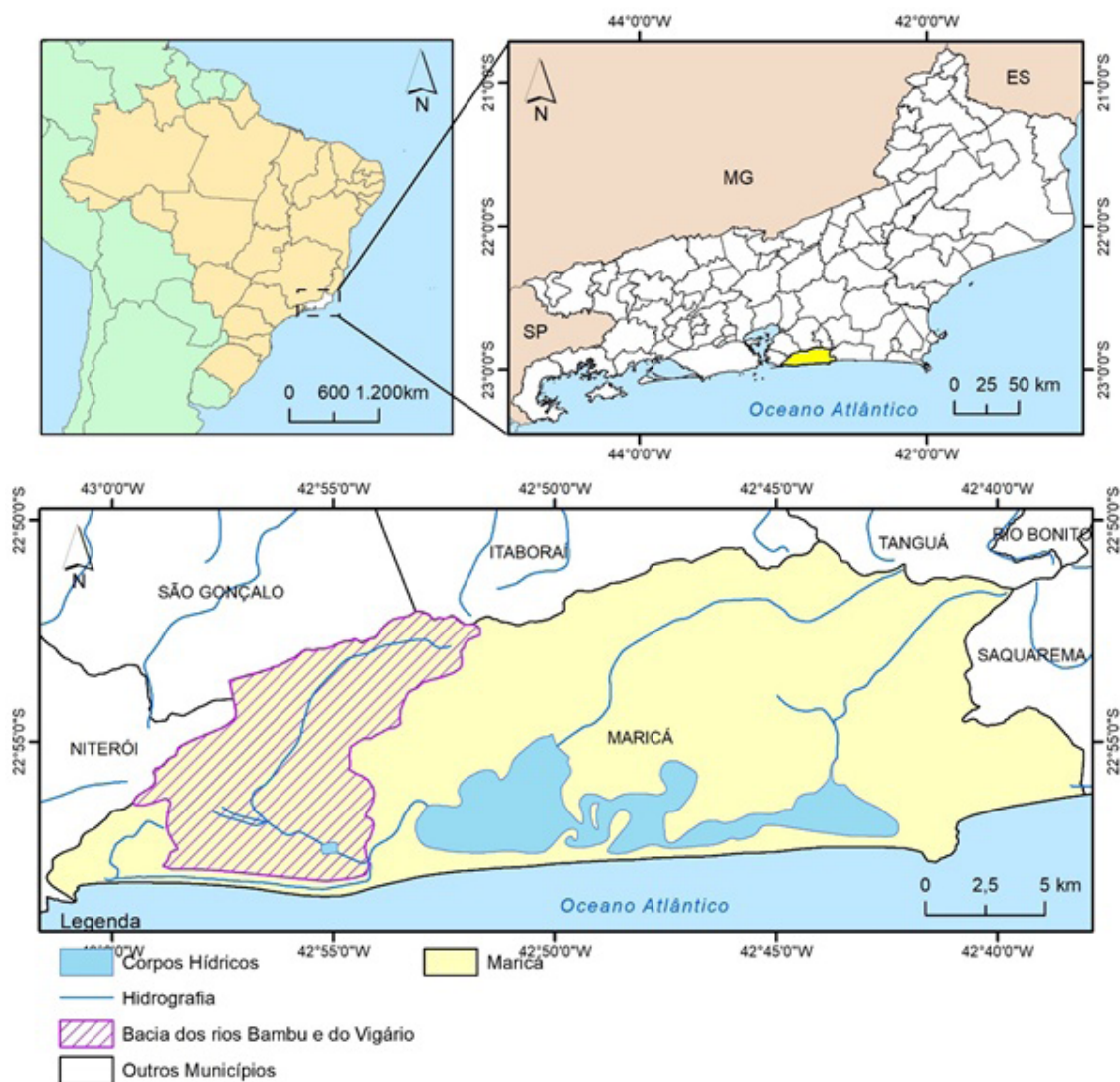
Entre os diversos problemas de ordem socioambiental que transpassam os ambientes de discussões políticas, administrativas e científicas, encontram-se as enchentes e as inundações, caracterizadas como eventos naturais que ocorrem com periodicidade nos cursos d'água, frequentemente deflagradas por chuvas fortes e rápidas ou por chuvas de longa duração (AMARAL, RIBEIRO, 2012). A ocorrência desses fenômenos é frequente, nas cidades brasileiras. Um exemplo da gravidade das enchentes e inundações pôde ser visto entre fevereiro e março de 2016, em Maricá, no estado do Rio de Janeiro, quando este município passou por problemas após chuvas intensas. A ocorrência deste evento resultou em cerca de 360 pessoas desabrigadas e três mil pessoas afetadas pela chuva (G1 RIO, 2016). A área mais afetada, nesse município, foi o condomínio residencial Carlos Marighella, do programa habitacional “Minha Casa, Minha Vida”, que sofreu com inundações dos rios próximos e com o alagamento das ruas, com a elevação do nível d'água a quase um metro de altura.

A proposta deste artigo é de realizar uma análise multitemática da bacia do Rio do Vigário, localizada integralmente no município de Maricá. Para tal investigação, pretendemos verificar as razões para as enchentes e inundações em diferentes áreas da bacia onde está inserido o condomínio residencial Carlos Marighella, a partir de diversas variáveis temáticas, sendo estas: a

declividade, a amplitude do relevo, os tipos de solos, o uso e a cobertura da terra e a proximidade de corpos hídricos. Além da análise individualizada de cada fator condicionante, será realizada uma investigação integrada a partir da análise multicriterial e modelagem do conhecimento, por metodologia de classificação baseada em objetos (GEOBIA).

O município de Maricá se localiza no setor leste da região metropolitana do estado do Rio de Janeiro (Figura 1). Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), esse município possui uma população estimada de 146.549 habitantes, para o ano de 2015, e uma população de 127.461 habitantes, por contagem do censo de 2010. Entre os anos de 1991 e 2017, o município de Maricá vivenciou um crescimento populacional de aproximadamente 329%. Ainda segundo o IBGE (2010), esse município possui uma densidade populacional total de 351,55 habitantes/km².

Figura 1: Localização da área de estudos.



Fonte: Autores, 2019.

Devemos ainda levar em consideração que o município de Maricá está inserido dentro do Litoral Leste do Estado do Rio de Janeiro (LLERJ), que está situado entre um dos polos mais importantes de extração de petróleo do Brasil, com grande parte de seus municípios recebendo, inclusive, uma expressiva quantia de recursos proveniente de *royalties*. Os campos de petróleo presentes nessa região estão contidos nas bacias de Campos e na bacia de Santos, e devemos ressaltar que o LLERJ abriga, em terra, boa parte da infraestrutura necessária para a exploração deste recurso (SEABRA, AUGUSTO, 2018).

Soma-se à sua localização estratégica o fato de que, nessa região, temos a construção do Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (COMPERJ), que se configura numa unidade de refino de petroquímicos capaz de processar grandes volumes de petróleo provenientes da bacia de Campos. A construção desse complexo afeta, de maneira profunda, dos pontos de vista social, econômico e ambiental, toda a região do leste fluminense, catalisando problemas já existentes na área, como questões relacionadas à especulação imobiliária, e gerando novos problemas, tais como a construção de dutos para o despejo de rejeitos ou as tentativas de construção de terminais portuários em zonas de grande interesse geológico e ambiental.

Seabra (2006) relata mudanças significativas no uso e na cobertura da terra, entre os anos de 1985 e 2001, no município de Maricá. Entre estas mudanças, destaca-se a redução das áreas de brejo (áreas úmidas), das faixas de areia e da vegetação de restinga. Avançaram sobre essas áreas, principalmente, a ocupação urbana de intensidade rarefeita e a ocupação urbana de intensidade média. A redução da ocupação urbana de intensidade rarefeita se justifica por adensamentos urbanos verificados no estudo, ou seja, diversas áreas, anteriormente classificadas como ocupação urbana de intensidade rarefeita, se tornaram ocupação urbana de intensidade média (SEABRA, 2006).

Todos esses usos e coberturas da terra, marcados por significativas mudanças, nos últimos anos, estão ocorrendo em uma área caracterizada por uma interessante diversidade geomorfológica. Além de extensas planícies fluviais e de maciços costeiros, esta área é também marcada por um litoral extremamente dinâmico.

Segundo Muehe (1982), o litoral da área de estudos tem por característica a presença de planícies costeiras que apresentam tendência de aumento na direção leste, formando, no contato oceano-continente, extensos arcos de praia. Outro aspecto que marca a fisionomia da paisagem costeira da região estudada é o desenvolvimento dos cordões litorâneos (MUEHE, 1998), frequentemente ocorrendo em forma de duplos cordões, dispostos paralelamente entre si e separados por uma depressão estreita. Estes cordões imprimiram o aspecto retificado a todo o referido litoral, formando uma linha contínua, apenas interrompida pelos primórdios rochosos que separam as diversas baixadas costeiras.

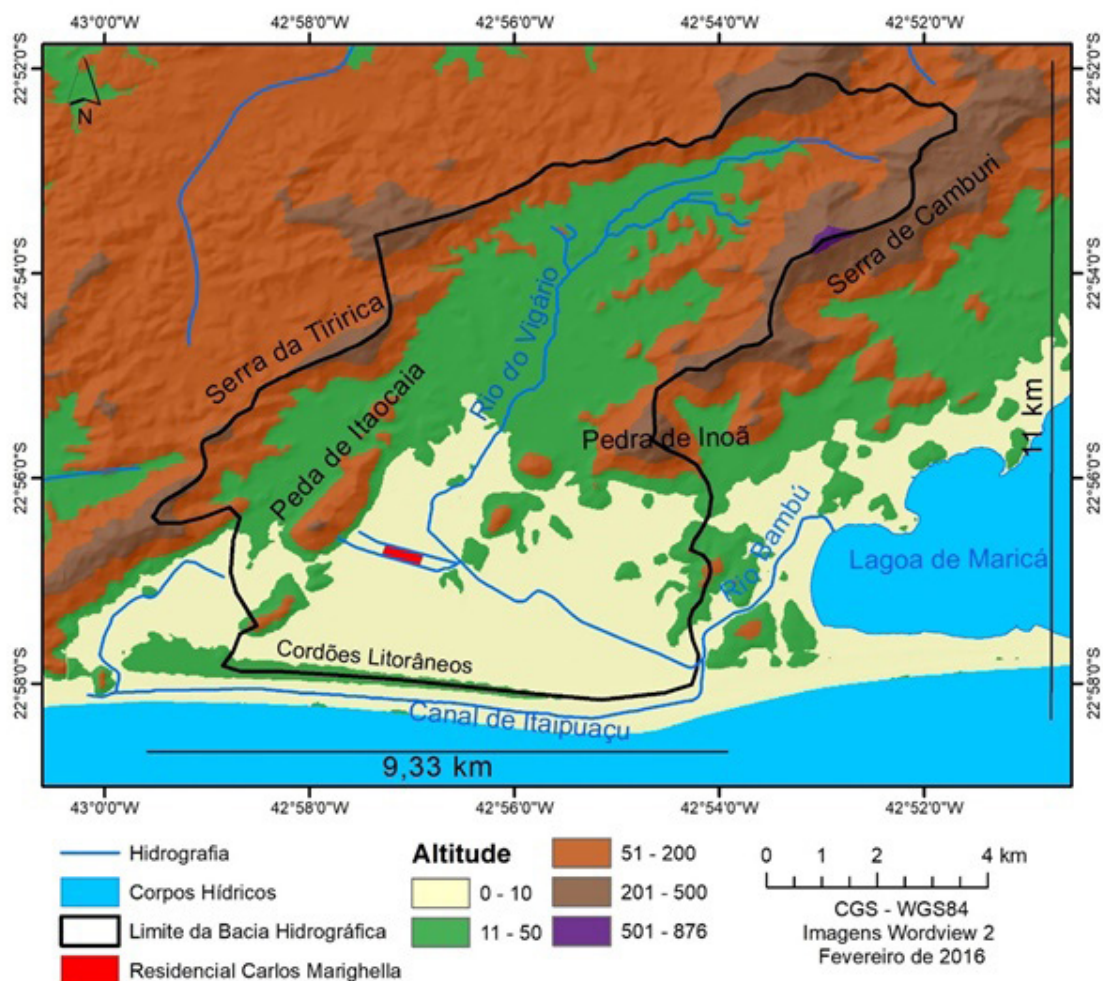
Toda a complexidade de processos que ocorrem na bacia do Rio do Vigário, que abriga o condomínio residencial Carlos Marighella, torna importante a proposta deste trabalho, que está voltada para a utilização de recursos geotecnológicos na compreensão da organização e da evolução do espaço geográfico. Sendo assim, envolve desde as análises espaciais em sistemas de informação geográfica (SIG), passando pela utilização de modelos digitais de elevação (MDE) para a extração de variáveis morfométricas do terreno, indo até a utilização de produtos de sensoriamento remoto para a geração de mapeamentos temáticos.

A bacia hidrográfica do Rio do Vigário

A bacia hidrográfica do Rio do Vigário está localizada inteiramente no distrito de Itaipuaçu, no município de Maricá, no estado do Rio de Janeiro. Esta bacia tem uma área de 74, 11 km², limitada, nas porções norte e oeste, pela serra da Tiririca e, a noroeste, por maciços litorâneos, onde estão a Pedra de Inoã e a serra de Camburi. Ao sul, essa bacia é limitada pelos cordões litorâneos descritos por Muehe (1998). Seu deságue ocorre no canal de Itaipuaçu, pouco antes de este desaguar na lagoa de Maricá, localizada na porção sudeste da bacia. Essa bacia possui sua maior extensão norte-sul de aproximadamente 11 km, enquanto sua maior extensão leste-oeste é de 9,33 km.

Essa região ainda abriga grandes fragmentos de mata atlântica preservados, sendo áreas de relevante interesse ambiental. Boa parte dessa cobertura de florestas é protegida pelo Parque Estadual da Serra da Tiririca, criado em 1991. No entanto, é na serra de Camburi que encontramos o ponto mais alto da bacia, com aproximadamente 592 metros de altitude (Figura 2).

Figura 2: Características da bacia do Rio do Vigário.



Fonte: Autores, 2019.

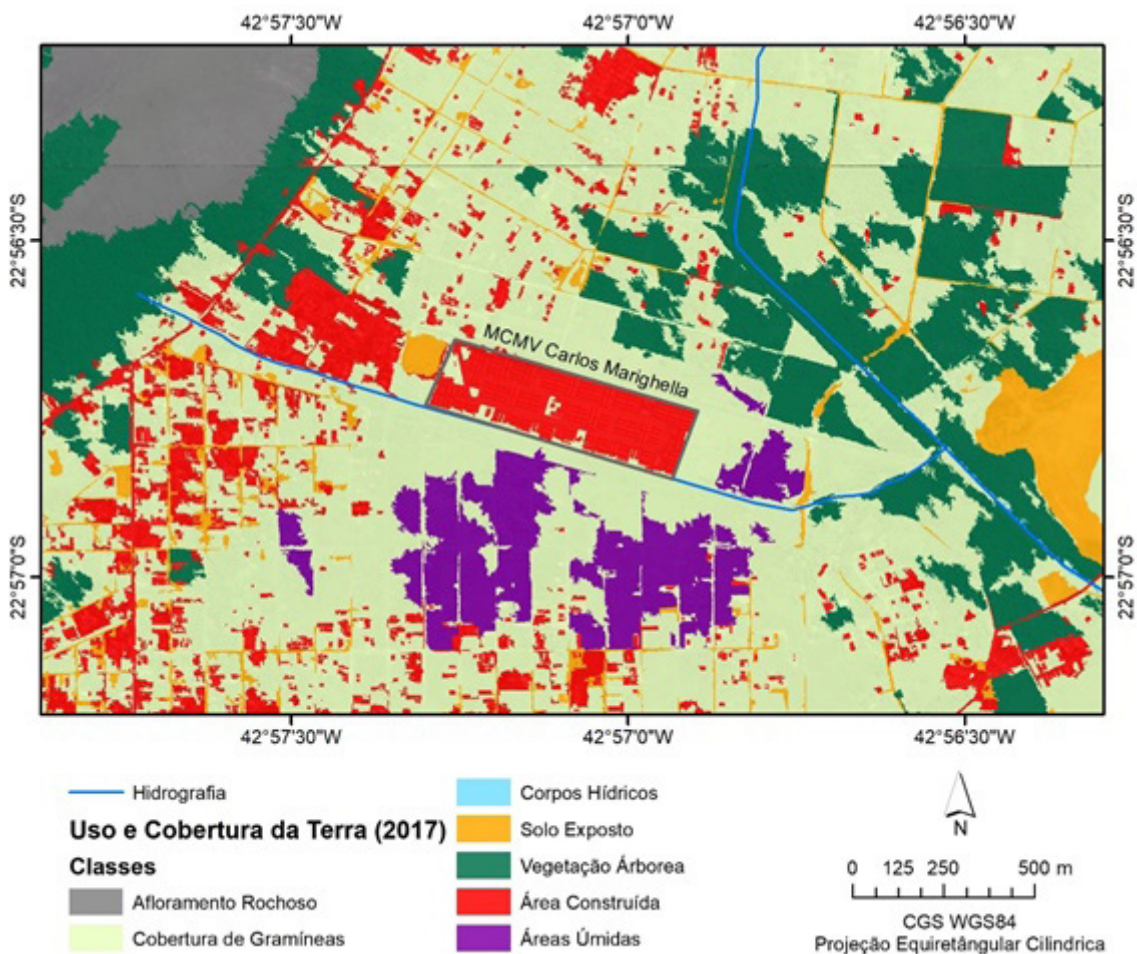
O condomínio residencial Carlos Marighella

O condomínio residencial Carlos Marighella foi construído em meados de 2015, no distrito de Itaipuaçu, no município de Maricá, por meio do programa habitacional “Minha Casa, Minha Vida” (MCMV). Segundo o governo federal, no Portal Brasil (2015), esse projeto recebeu um investimento de R\$ 195 milhões do governo federal e teve como objetivo a construção de 2.932 unidades habitacionais para beneficiar 12 mil pessoas com renda familiar de até R\$ 1.600,00.

Segundo a Prefeitura de Maricá, essa construção foi distribuída num terreno de 126.000 m², divididos em oito blocos de apartamentos (Figura 3). Ainda segundo a prefeitura, o projeto inicial deveria contar com diversas obras de infraestrutura no seu entorno, que incluiriam o saneamento

básico e a pavimentação das vias, entre outras. Em diferentes visitas ao campo, pudemos perceber que estas obras não foram completamente concluídas.

Figura 3: Uso e cobertura da terra no entorno do condomínio residencial Carlos Marighella.



Fonte: Autores, 2019.

Uma questão importante a ser considerada é que o condomínio residencial Carlos Marighella, assim como vários outros empreendimentos do programa MCMV, buscou construir suas instalações em áreas com baixo valor da terra, na periferia do tecido urbano, para reduzir os custos de investimento. Isto resultou numa grave questão para esse condomínio, que acabou sendo instalado numa área com sérios problemas para a ocupação, sujeito a frequentes problemas relacionados às enchentes e inundações.

O terreno escolhido para a construção do MCMV, em Itaipuaçu, sofre constantemente com inundações devido a diversos fatores naturais e, até mesmo, antrópicos (Figura 4). Isto torna muito mais custosas as medidas de mitigação de problemas, que dificilmente serão totalmente

resolvidos sem a adoção de uma série de medidas a um custo muito elevado. Ou seja, se, por um lado, a escolha do terreno diminuiu os custos de instalação do empreendimento, por outro, criou um problema sério para um grande percentual de moradores, que, atualmente, demanda por ações que se configuram em grandes custos de intervenção.

Figura 4: Enchente em Maricá.



Fonte: G1. Globo.com (02/03/2016).

O uso de ferramentas de geoprocessamento no mapeamento de variáveis temáticas

A representação dos elementos e componentes da paisagem é um importante instrumento para a compreensão de aspectos relacionados à gênese e à dinâmica dos geossistemas, sendo interessantes ferramentas para investigações ambientais que tenham como objetivo os mais diferentes propósitos. No entanto, neste artigo, temos por objetivo ir muito além de apenas caracterizar e representar espacialmente esses fatores, mas também analisar a sua influência nos processos de enchentes e inundações na bacia do Rio do Vigário, em Maricá. Estas análises serão efetuadas

a partir da análise espacial desses fatores e da sobreposição de temas, por meio da cartografia temática e do Sistema de Informação Geográfica (SIG).

As variáveis utilizadas para explicar as razões para as enchentes e inundações que ocorrem na bacia do Rio do Vigário, onde está localizado o condomínio residencial Carlos Marighella, foram: a declividade, a amplitude do relevo, os tipos de solos, o uso e a cobertura da terra e a proximidade de corpos hídricos. Todas as características dos dados utilizados para representar estas variáveis podem ser observadas no Quadro 1, a seguir.

Quadro 1: Variáveis, metodologia, fonte dos dados primários e escala dos dados utilizados para as análises multitemáticas na bacia do Rio do Vigário.

Variável	Metodologia de criação	Fonte do dado primário	Escala
Declividade	Extração por análise de superfície em SIG	MDE IBGE Projeto RJ-25	1:25.000
Amplitude do relevo	Reclassificação em SIG	MDE IBGE Projeto RJ-25	1:25.000
Tipo de solos	Vetorização	CPRM	1:400.000
Uso e cobertura da terra	Classificação visual	Imagens Worldview 2	Aprox. 1:10.000
Proximidade dos corpos hídricos	Análise de proximidade por área de influência (Buffer)	Hidrografia gerada por vetorização em Imagens Worldview 2	Aprox. 1:10.000

Para a geração das informações de declividade e amplitude do relevo (que, no caso da bacia em análise, pode ser tratada como a própria altitude, pois o seu nível de base de segunda ordem é muito próximo de zero metro), foi utilizado o modelo digital de elevação (MDE) disponibilizado pelo IBGE para todo o estado do Rio de Janeiro, em escala de 1:25.000. Esses dados foram, então, incorporados a um projeto SIG, por meio do qual foram extraídas a declividade e a amplitude do relevo.

Declividade é a relação entre a diferença de altura entre dois pontos e a distância horizontal entre estes pontos. Portanto, pode-se afirmar que a declividade é o grau de inclinação de um terreno em relação à linha do horizonte, podendo ser expressa também em porcentagem, medida pela tangente do ângulo de inclinação multiplicada por 100. Este tema permite inferir sobre as formas da paisagem, a erosão, as potencialidades de uso agrícola, as restrições para a ocupação, os manejos e as práticas conservacionistas e ainda contribuir na delimitação de áreas de proteção permanente (VALERIANO, 2008).

A declividade é fundamental para se definir as áreas que terão ou não possibilidade de acumular água. Quanto maior a declividade, maior a possibilidade de escoamento das águas superficiais, enquanto uma menor declividade indica a possibilidade de acúmulo de água na superfície. A amplitude

do relevo também tem a mesma relação, no entanto, a amplitude, sozinha, não pode determinar a ocorrência ou não de enchentes e inundações, pois áreas elevadas, se situadas em superfícies planas, podem ter um potencial para inundações e enchentes tão alto quanto áreas de baixadas.

Para este trabalho, também incorporamos o mapa pedológico, a partir da vetorização dos dados do *Estudo de Solos do Estado do Rio de Janeiro*, vinculado ao Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil, Geologia do Estado do Rio de Janeiro (CPRM, 2001). O mapa original contém os critérios utilizados para a distinção e a classificação dos solos e as descrições das principais características das classes dominantes no estado, com referências aos ambientes em que ocorrem de forma mais expressiva. O mapeamento original fez uso de observações de campo, fotografias aéreas 1:60.000, imagens orbitais e uma base planialtimétrica na escala de 1:50.000. Produziu-se, assim, um mapa de solos em escala de 1:250.000, apresentado no *Estudo de Solos do Estado do Rio de Janeiro*, em escala de 1:500.000. A vetorização deste mapa foi ajustada ao MDE RJ-25 e às imagens do satélite Worldview 2, para evitar inconsistências no momento de integração de todas as variáveis.

A caracterização dos solos é importante para a definição da maior e da menor susceptibilidade a enchentes e inundações, já que é um aspecto que nos informa onde a água proveniente das chuvas terá maior ou menor possibilidade de infiltração. Solos mais argilosos e compactados terão menor capacidade de infiltração, enquanto solos mais arenosos permitem a infiltração da água com mais facilidade.

O mapa de uso e cobertura da terra foi elaborado a partir da classificação visual de objetos gerados pela segmentação de uma imagem Worldview 2. As imagens Worldview 2 possuem dois metros de resolução espacial nas bandas do visível e 11 *bits* de resolução radiométrica. A segmentação dessa cena foi realizada no *software* Definiens, fazendo-se uso apenas das faixas do canal do visível, que foram cedidas pelo Laboratório de Espaço de Sensoriamento Remoto, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Posteriormente, esses objetos foram classificados visualmente sobre a própria imagem.

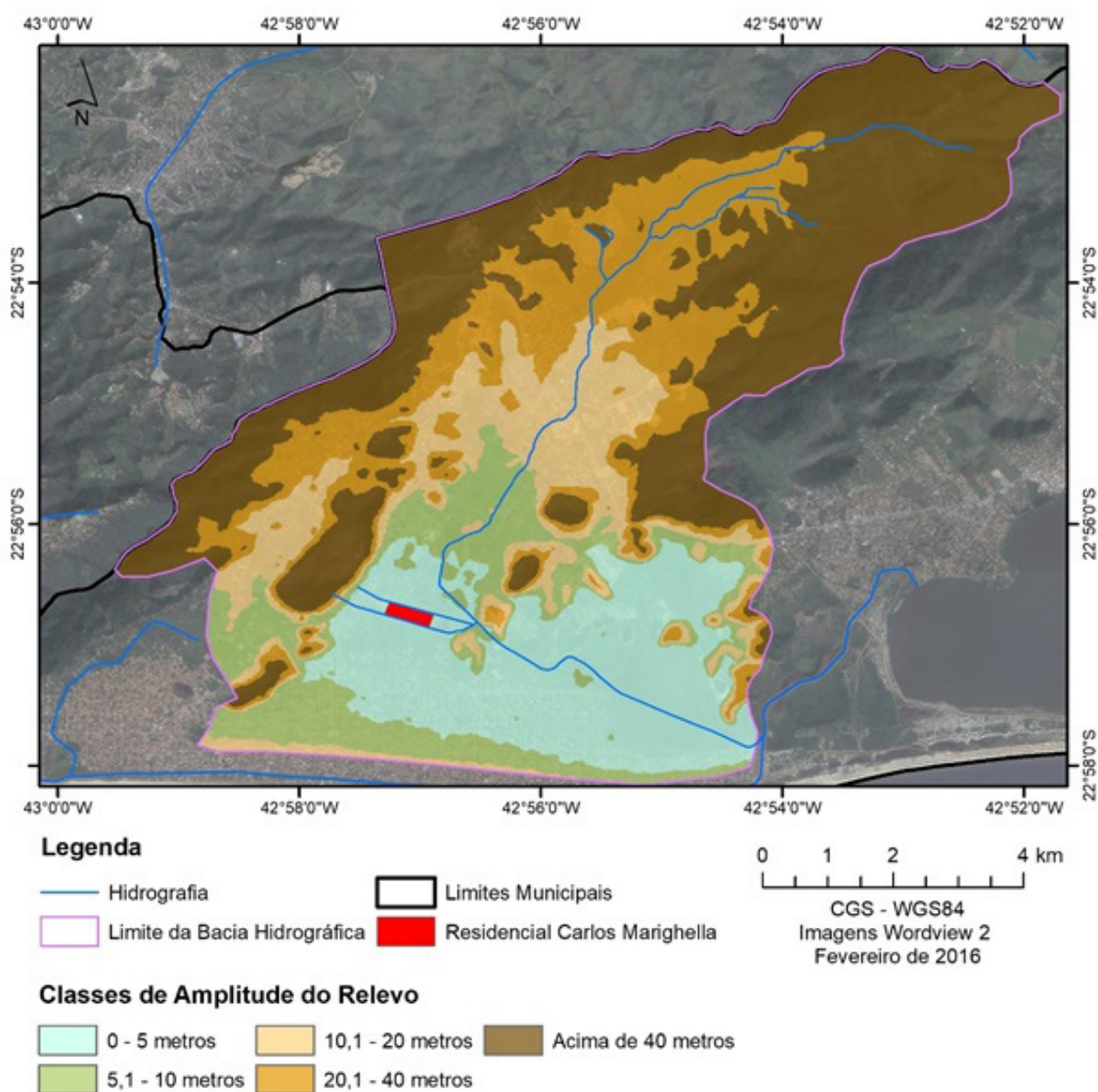
O uso e a cobertura da terra revelam as áreas onde há a impermeabilização do solo, o que é um fator importante para a ocorrência de enchentes e inundações. Por outro lado, nas áreas onde há a presença de coberturas vegetais, a capacidade de infiltração aumenta e, conseqüentemente, o risco de ocorrências de enchentes e inundações diminui.

As mesmas imagens Worldview 2 foram utilizadas na geração da hidrografia na bacia do Rio do Vigário. Após a vetorização, em ambiente SIG, a hidrografia passou por análise de proximidade por área de influência, conhecida como Buffer. As áreas de influência foram geradas para 10, 30, 100 e 300 metros de distância dos corpos hídricos, considerando-se que, quanto mais próximo destes, maior a susceptibilidade a inundações por extravasamento dos próprios canais.

Análise das áreas susceptíveis à inundação a partir das variáveis temáticas

A bacia do rio do Vigário possui valores de altitude que variam de zero a 592 metros, distribuídos em compartimentos que vão desde planícies costeiras até escarpas de maciços costeiros. Por meio do processamento do MDE RJ-25, foi diagnosticado que 64% da área dessa bacia se encontram em zonas de altitudes inferiores a 50 metros. No entanto, o que mais chama a atenção são as áreas em que a altitude não ultrapassa os cinco metros, que correspondem a 19% da área total da bacia. Isto porque esta área está confinada entre as planícies fluviais presentes à montante do Rio do Vigário e os cordões arenosos presentes ao sul da bacia (Figuras 2 e 5).

Figura 5: Mapa das classes de altitude.

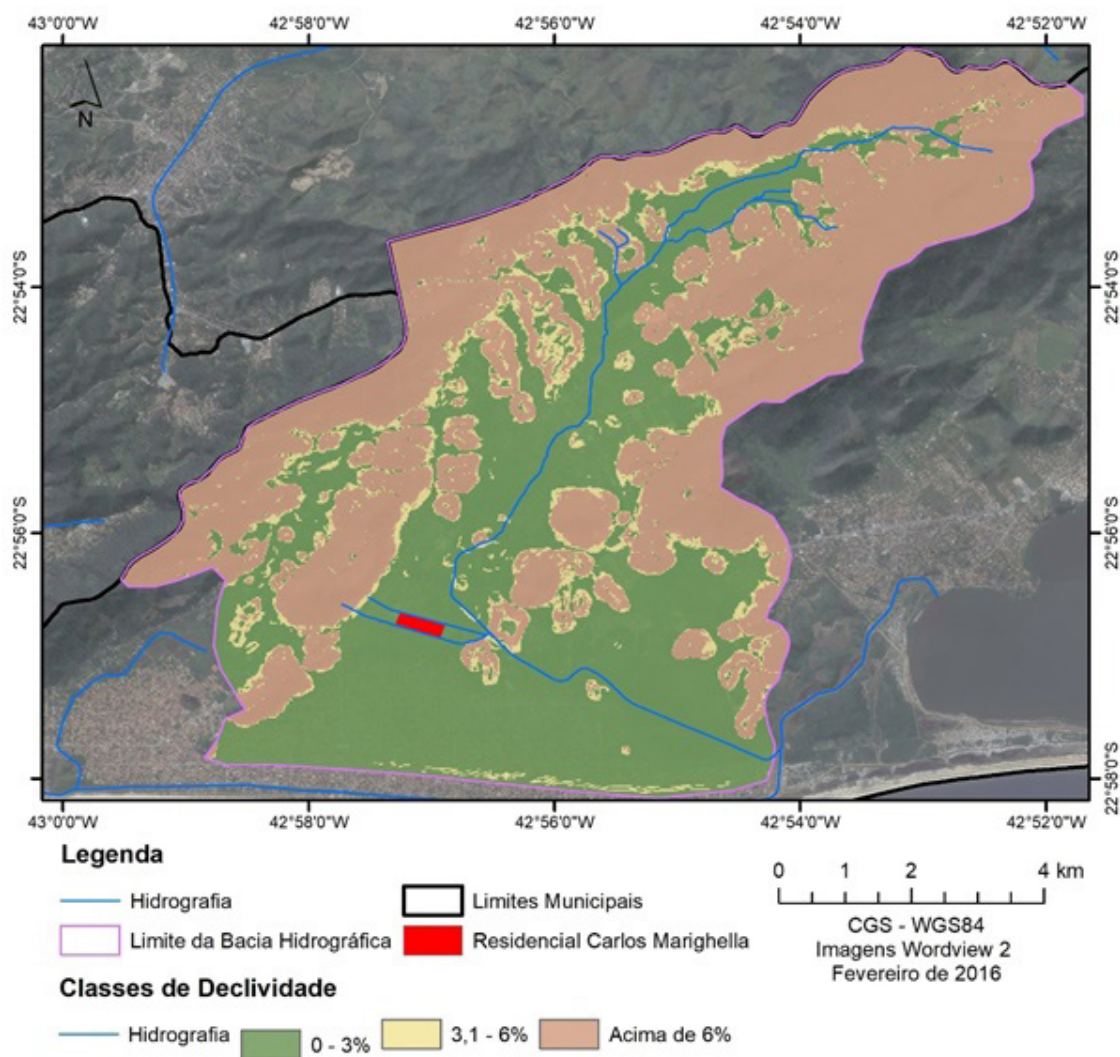


Fonte: Autores, 2019.

Esse aspecto torna mais difícil o escoamento das águas provenientes da chuva, e, sem dúvida, se torna um agravante para as enchentes e inundações no condomínio residencial Carlos Marighella, que está inserido integralmente na área da bacia.

Observando a fragilidade do empreendimento sobre o aspecto da declividade, vemos que este se encontra numa área praticamente plana, com inclinações inferiores a 3%. Esta área plana ou suavemente ondulada se estende desde a nascente até a foz do Rio do Vigário, sendo interrompida somente pelos maciços costeiros e outras pequenas formações que dão contornos aos divisores da bacia (Figura 6).

Figura 6: Mapa das classes de declividade.

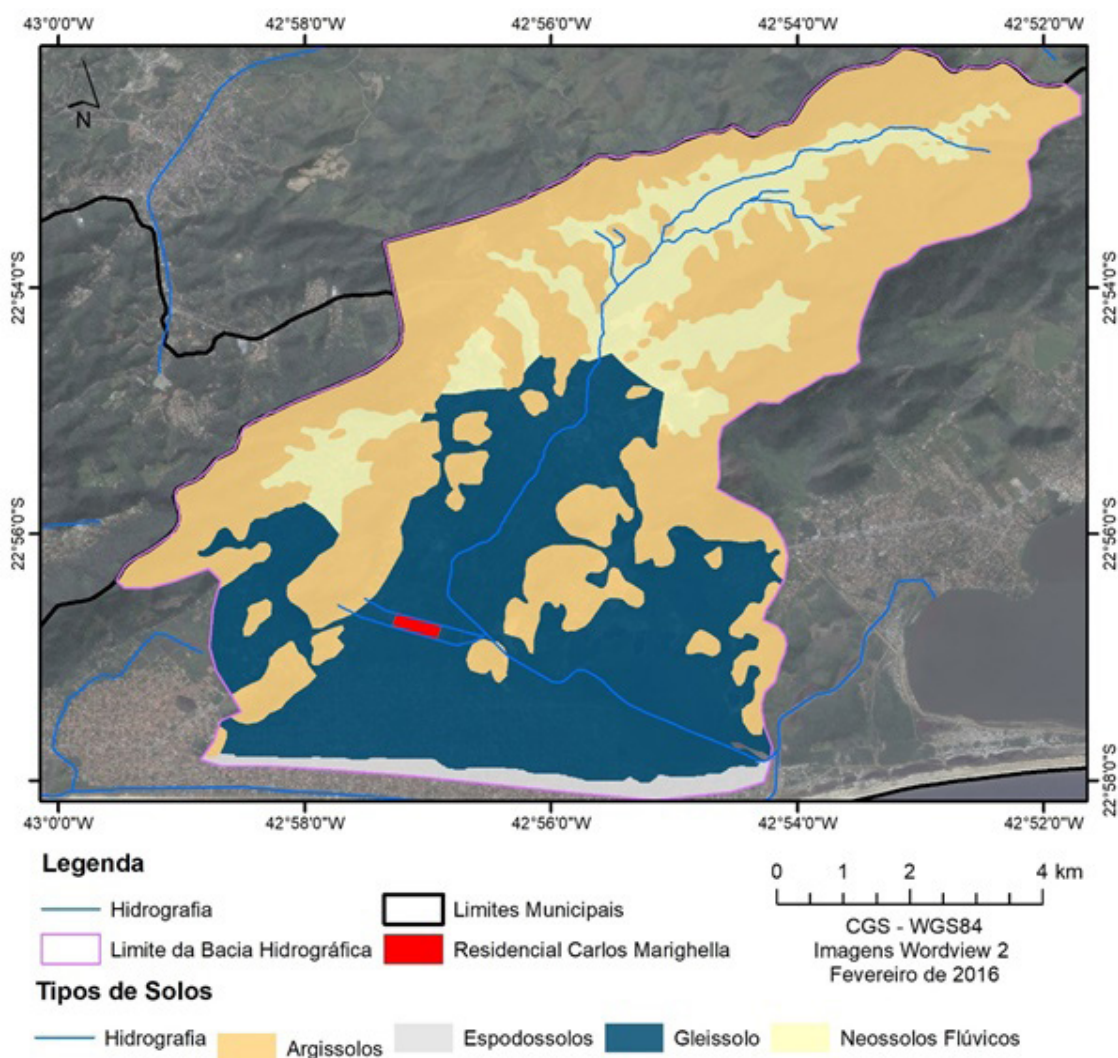


Fonte: Autores, 2019.

Sem dúvida alguma, a inserção do condomínio residencial Carlos Marighella nessa vasta área plana ou de suaves ondulações também se configura como um relevante indicador para a ocorrência de enchentes e inundações em suas instalações.

Outra questão importante é a tipologia de solos em toda a área de entorno do condomínio residencial Carlos Marighella, caracterizada por gleissolos (Figura 7). Este tipo de solo se encontra permanente ou periodicamente saturado por água, salvo se artificialmente drenado. A água permanece estagnada internamente ou a saturação é por fluxo lateral no solo. Seu processo de formação é chamado de gleização, em decorrência do regime de umidade reductor, virtualmente livre de oxigênio dissolvido, em razão da saturação por água durante todo o ano ou, pelo menos, por um longo período, associado à demanda de oxigênio pela atividade biológica (EMBRAPA, 2013).

Figura 7: Mapa de tipos de solos.

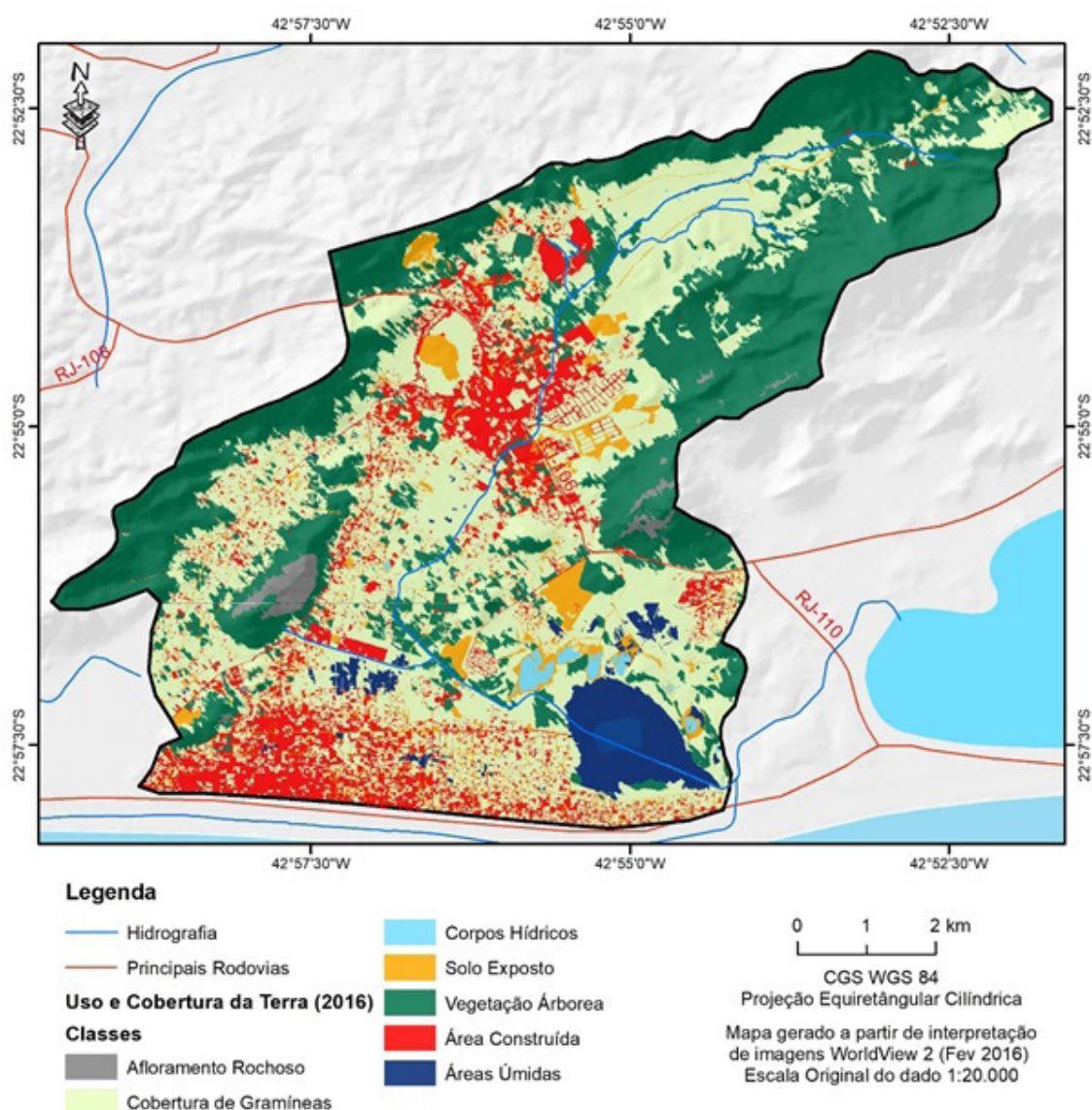


Fonte: Autores, 2019.

A tipologia de solos da região onde está instalado o condomínio residencial Carlos Marighella dificulta a infiltração e a drenagem das águas provenientes da chuva, além de se caracterizar pela proximidade do lençol d'água com a superfície do terreno, aumentando ainda mais os problemas relacionados com as enchentes e inundações.

Em se tratando do uso e da cobertura da terra, a área de entorno do condomínio residencial Carlos Marighella é caracterizada por um predomínio de cobertura de gramíneas, sendo majoritariamente de lotes de terrenos vazios em especulação ou em negociação. Nas áreas mais próximas à estrada de acesso ao centro e às praias de Itaipuaçu, temos uma maior presença de construções, sendo estas majoritariamente de residências e pequenos comércios (Figura 8).

Figura 8: Mapa de uso e cobertura do solo.



Fonte: Autores, 2019.

Podemos, então, afirmar que essa área possui usos e coberturas que contribuem para o processo de impermeabilização do solo, o que dificulta a saída de água do sistema e, com isso, contribui ainda mais para a ocorrência de enchentes e inundações.

Estudos e levantamentos hidrogeológicos realizados por Seabra et al. (2009), no município de Maricá, apontam que, nas baixadas alagadiças areno-argilosas que compõem os charcos no distrito de Itaipuaçu, o nível d'água dos aquíferos é geralmente próximo à superfície, com profundidades de alguns centímetros até uns poucos metros. Já nos cordões arenosos, a profundidade do nível d'água, nas faixas centrais, é mais elevada, tornando-se bem mais rasa à medida que se aproxima do oceano e, principalmente, nas lagunas, onde chega a atingir um metro. O nível estático e a profundidade dos poços foram medidos a partir do monitoramento de 20 poços, entre os anos de 2000 e 2009, com o auxílio do medidor de nível da marca JACIRI®, com cabo de 200 m de comprimento e marcadores de leitura de metro em metro.

Por fim, o último aspecto analisado é a proximidade a rios ou canais de drenagem. Sobre este tema, podemos observar, a partir do mapa de proximidade de corpos hídricos, que toda a área do condomínio residencial Carlos Marighella está inserida a, pelo menos, 100 metros de dois cursos d'água, contribuintes do Rio do Vigário. Este aspecto agrava ainda mais todos os problemas relacionados às enchentes e inundações nesta região (Figura 9).

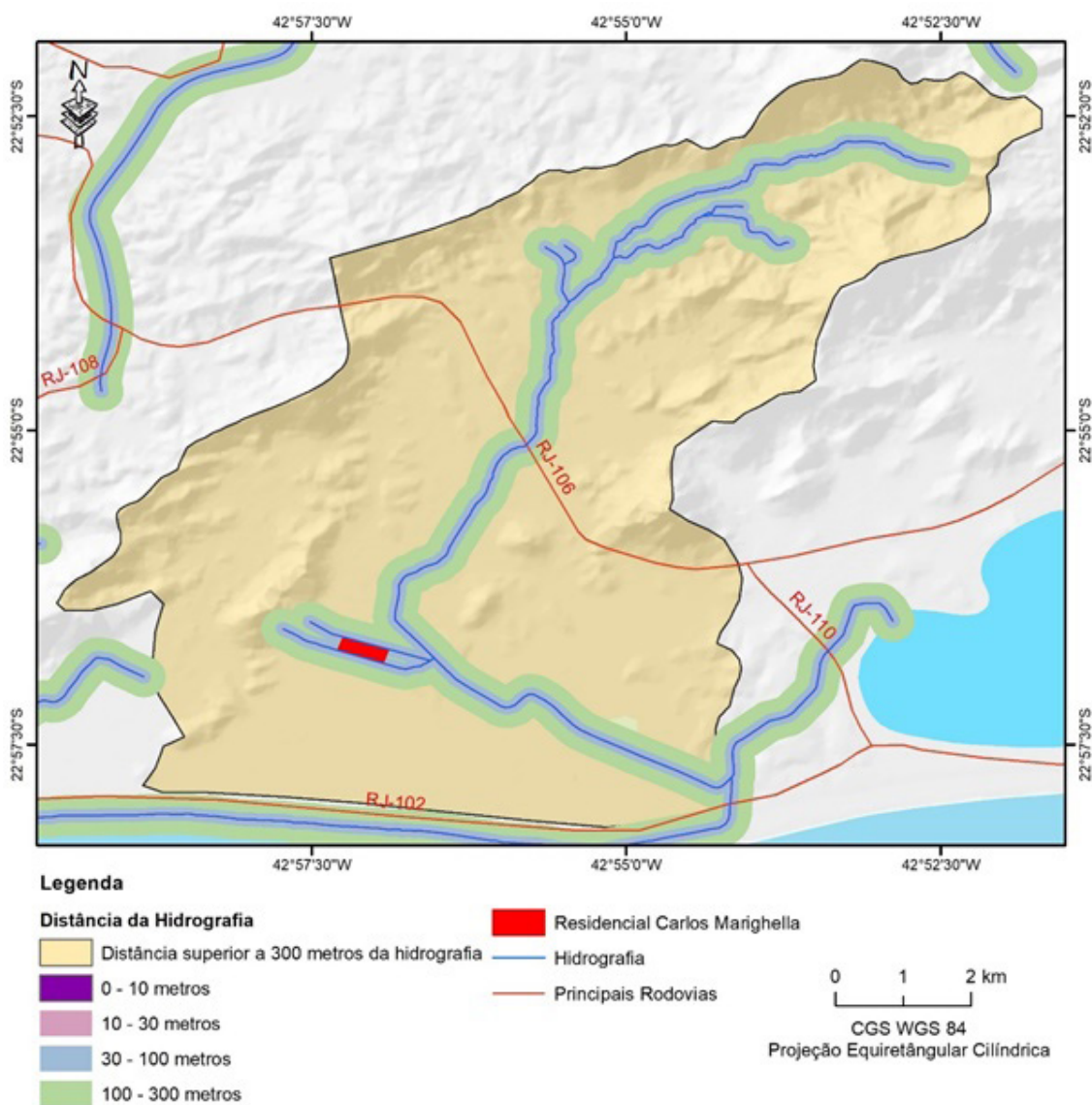
A tentativa de manter esses canais livres de lixo e de outros sedimentos parece ser a única ação mitigadora da prefeitura para a minimização dos efeitos das chuvas no entorno do condomínio, o que, certamente, não impedirá a ocorrência de novos eventos de cheia nesta área.

Análise das áreas susceptíveis à inundação por modelagem do conhecimento

A classificação da susceptibilidade à inundação na bacia do Rio do Vigário se deu a partir de uma classificação hierárquica e de modelagem do conhecimento, que são etapas metodológicas de classificações baseadas em objetos. Segundo Blaschke (2010), estas metodologias são empregadas largamente em diferentes áreas do conhecimento, tais como a ciência da computação e as áreas biomédicas. Nas geociências, a classificação baseada em objetos (OBIA) enfatiza ainda mais a importância do componente espacial, em que os objetos passam a ser considerados “geo-objetos”. Sendo assim, a classificação passa a ser baseada nos geo-objetos (GEOBIA), se torna uma subdisciplina da geoinformação e passa a ser empregada pelas áreas do conhecimento que estudam a razão da distribuição de objetos na superfície terrestre (BLASCHKE, 2010).

A classificação hierárquica e a modelagem do conhecimento foram operacionalizadas com utilização do *software* Definiens, que é muito aplicado para a classificação GEOBIA de sensoriamento remoto. A classificação hierárquica ocorre a partir da segmentação da área segundo os dados temáticos inseridos no processo de classificação, sendo a segmentação a etapa que consiste na divisão da área de análise em polígonos que representam recortes espaciais com similaridades entre os temas considerados no processo, ou seja, grosso modo, significa dizer que a segmentação cria polígonos homogêneos do ponto de vista temático.

Figura 9: Mapa de proximidade de corpos hídricos.



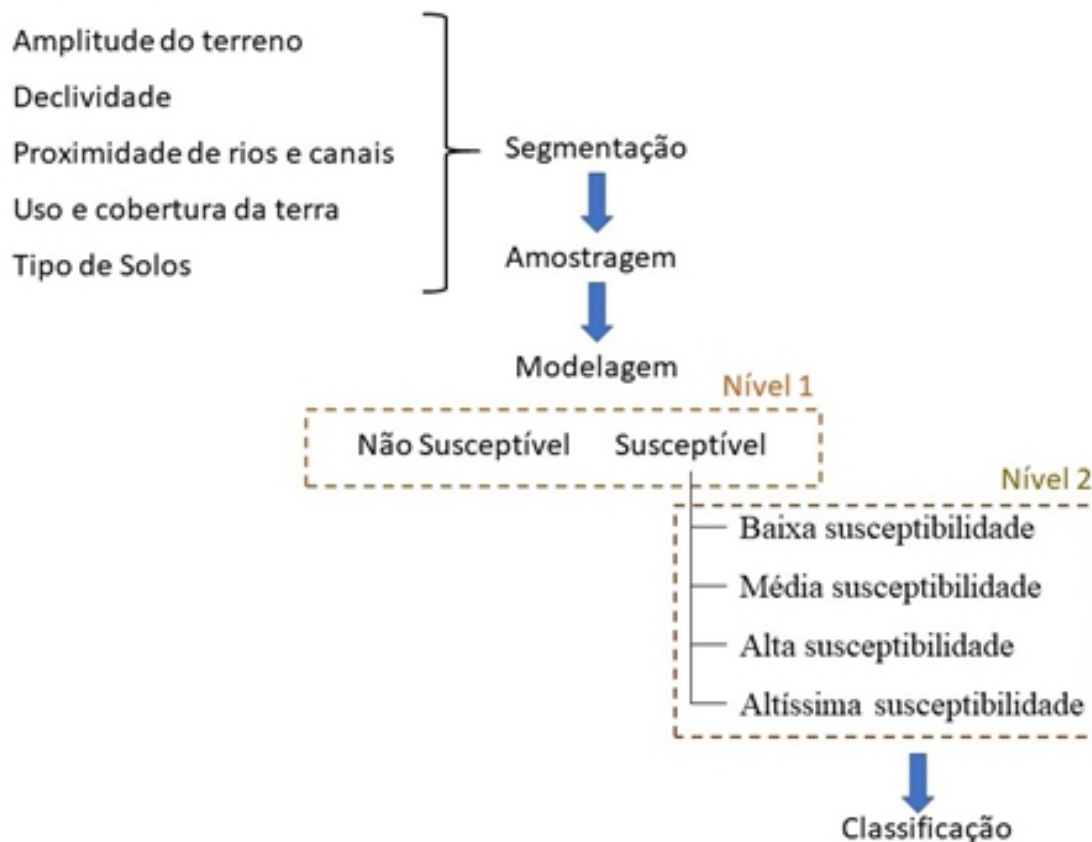
Fonte: Autores, 2019.

Para a segmentação aplicada na análise das inundações na bacia do Rio do Vigário, foram utilizados os dados de altitude, declividade, tipo de solos, uso e cobertura da terra e proximidade com as linhas de drenagem. Como todos estes temas tiveram o mesmo peso no processo de segmentação (escala igual a 1, forma 0,1 e compacidade 0,5), podemos dizer que os geo-objetos gerados no processo eram internamente semelhantes para todos os seus aspectos temáticos (altitude, declividade, tipo de solos, uso e cobertura da terra e proximidade com as linhas de drenagem) e diferentes em pelo menos um deles, se comparado a um polígono vizinho.

Para a classificação, a partir do conhecimento da área de estudos e trabalhos de campo, foram definidas cinco classes temáticas para o mapeamento da susceptibilidade a inundações e enchentes da bacia do Rio do Vigário, sendo elas:

- Áreas não susceptíveis: representam as áreas em que, em nenhuma circunstância, haverá a ocorrência de inundações ou enchentes.
- Áreas de baixa susceptibilidade: são as áreas que dificilmente experimentarão inundações ou enchentes, estando, de alguma forma, protegidas destes eventos.
- Áreas de média susceptibilidade: áreas que apresentam relevante susceptibilidade a inundações ou enchentes, principalmente, nos eventos de maior magnitude.
- Áreas de alta susceptibilidade : áreas com recorrentes registros de enchentes ou inundações, até mesmo nos eventos de menor magnitude. Em ocasiões de chuvas intensas, estas áreas apresentam sérios problemas para escoar a água acumulada.
- Áreas de altíssima susceptibilidade: áreas com recorrentes registros de enchentes e inundações, até mesmo nos eventos de menor magnitude. A proximidade do Rio do Vigário, já em seu baixo curso, a uma área muito plana, de baixa altitude e com solo muito argiloso, torna esta área muito crítica para qualquer tipo de ocupação.

Para o mapeamento final e a classificação de cada um desses níveis de susceptibilidade, foram escolhidos e analisados pelo menos cinco pontos amostrais para cada classe. A partir da leitura e da interpretação das variáveis temáticas presentes em cada um destes pontos amostrais, reconhecidas por meio de trabalhos de campo e conhecimento da área, foi criada a chave hierárquica de classificação, organizada em dois níveis (Figura 10).

Figura 10: Modelo de classificação da susceptibilidade a inundações e enchentes.**Compatibilização das Variáveis**

Fonte: Autores, 2019.

No primeiro nível de classificação, foram separadas as áreas consideradas não susceptíveis a enchentes e inundações das áreas susceptíveis. Foram consideradas como não susceptíveis as áreas que possuíam declividades acima de 6% que estivessem acima de 40 metros de amplitude. Estas áreas correspondiam diretamente às escarpas dos maciços costeiros, como as das serras da Tiririca e de Camburi e de outras formações rochosas ali presentes, tal como a pedra de Itaocaia. Portanto, as áreas que não reuniam essas duas condições foram consideradas susceptíveis a enchentes e inundações.

No segundo momento, foram definidas as classes de susceptibilidade para as áreas consideradas susceptíveis. As áreas de altíssima susceptibilidade foram aquelas que se encontravam próximas em até 300 metros de rios e canais, com altitudes inferiores a cinco metros, declividades inferiores a 3% e cobertura de gleissolos. Todas as áreas úmidas que foram classificadas no mapa de uso e cobertura da terra, independentemente das demais características temáticas, também foram incluídas nessa classe.

Já as áreas de alta susceptibilidade foram as que possuíam declividades inferiores a 6%, com altitudes inferiores a dez metros, com solos do tipo argissolos ou gleissolos e cobertura de gramíneas ou áreas construídas.

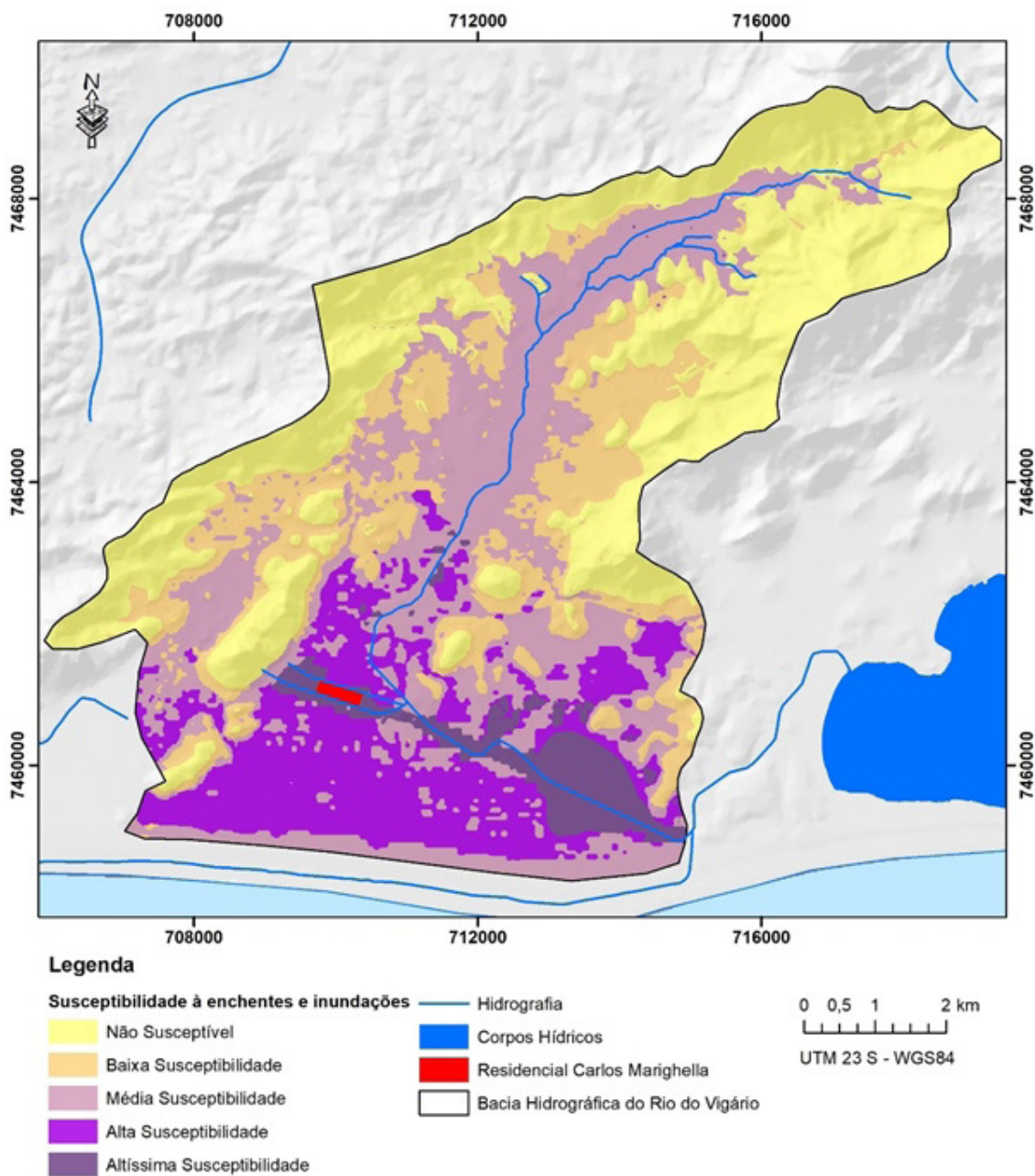
Todas as áreas com amplitudes do terreno inferiores a 20 metros e declividades abaixo de 6%, que não foram classificadas como de altíssima susceptibilidade ou de alta susceptibilidade, foram, então, classificadas como de média susceptibilidade. Por fim, as áreas com amplitudes do terreno superiores a 20 metros e com declividades acima de 6% foram consideradas áreas de baixa susceptibilidade a enchentes e inundações (Quadro 2).

Quadro 2: Descritores e classes de susceptibilidade.

Descritores	Classes de susceptibilidade				
	Não susceptível	Baixa susceptibilidade	Média susceptibilidade	Alta susceptibilidade	Altíssima susceptibilidade
Amplitude	> 40 m	> 20m	< 20 m	< 10 m	< 5m
Declividade	> 6%	> 6%	< 6%	< 6%	< 3%
Corpos hídricos	-	-	-	-	próximos até 300m
Solos	-	-	-	argissolos ou gleissolos	gleissolos
Uso e cobertura da terra	-	-	-	gramíneas ou áreas construídas	áreas úmidas

O resultado do mapeamento final gerado pela classificação GEOBIA das variáveis temáticas descreve a área onde, atualmente, se localiza o condomínio residencial Carlos Marighella como uma das que apresentam maior susceptibilidade a enchentes e inundações na bacia do Rio do Vigário, o que não é surpresa, já que todas as variáveis isoladamente apontavam esta área como uma das mais susceptíveis. É importante ainda observar que toda a área de entorno desse empreendimento apresenta níveis de alta susceptibilidade, o que torna ainda mais difíceis as ações de mitigação desse problema (Figura 11).

Figura 11: Mapa de susceptibilidade a enchentes e inundações na bacia do Rio do Vigário.



Fonte: Autores, 2019.

Os resultados encontrados corroboram com os eventos ocorridos em março de 2016, quando uma enchente fez a Prefeitura de Maricá decretar estado de calamidade neste município, e, segundo a imprensa (G1 RIO, 2016), mais de 3.000 pessoas ficaram desabrigadas. Estes resultados também retratam os relatos de vários moradores do entorno do condomínio residencial Carlos Marighella, que apontam problemas constantes de inundações e enchentes em diferentes eventos de chuva.

Também podemos observar que os cordões litorâneos descritos por Muehe (1998) impedem que a água proveniente das chuvas drene para outro condutor que não seja o Rio do Vigário. Estes cordões podem ser vistos, no mapa de solos (Figura 5), como os espodossolos localizados ao sul da bacia, com altitudes superiores a cinco metros (Figura 3). Se somarmos a isto o fato de as áreas serem cobertas por gleissolos, que possuem péssima capacidade de infiltração, tem-se uma área de grande risco de enchentes e inundações e também com péssima capacidade de drenagem, o que pode agravar as perdas ocasionadas por esses eventos.

O crescimento da ocupação urbana nessa região pode agravar ainda mais as condições de susceptibilidade a enchentes e inundações na bacia do Rio do Vigário, uma vez que pode aumentar os níveis de impermeabilização do solo, dificultando a infiltração e, com isso, aumentando a velocidade e a quantidade das águas drenadas diretamente para os rios e canais da área. Eventos desta natureza podem se tornar mais intensos e frequentes, se o processo de ocupação não for acompanhado de medidas mitigadoras.

Os resultados apontam que a escolha da área de construção do condomínio residencial Carlos Marighella foi incorreta, e que eventos de chuvas intensas e/ou constantes poderão gerar, no futuro, novas perdas econômicas e materiais para a população que ali reside. Devemos, ainda, chamar a atenção para o risco de contágio de doenças e até mesmo de perdas de vidas humanas que esses eventos podem causar para os moradores dessa região.

Considerações finais

As análises geradas a partir das variáveis temáticas, individualmente, mostram que a ocorrência de enchentes e inundações, no condomínio residencial Carlos Marighella, não tem uma única causa, mas, sim, um conjunto de circunstâncias que apontam para esta área como sendo uma das piores, em toda a bacia do Rio do Vigário, para a instalação de um condomínio residencial de tal porte. Todas as variáveis analisadas neste trabalho, a partir de mapas temáticos, mostram que o entorno desse condomínio apresenta não só grande potencial de alagamento do seu terreno em eventos de enchentes e inundações, como também muita dificuldade de escoamento de água depois da ocorrência destes eventos.

A aplicação da classificação GEOBIA como uma proposta metodológica para a representação da susceptibilidade a enchentes e inundações na bacia do Rio do Vigário teve resultados muito condizentes com o que se observa nesta localidade, sendo, portanto, uma boa alternativa a ser considerada no mapeamento dos mesmos problemas em outras localidades. A utilização de dados em melhor escala e em escala mais uniforme para todas as variáveis poderia trazer resultados ainda mais precisos. No entanto, essa região carece de levantamentos mais detalhados, o que se torna um fator limitante para a resolução desse problema.

A modelagem do conhecimento não só gerou resultados interessantes quanto à susceptibilidade a enchentes e inundações na bacia do rio do Vigário, como também resultou numa chave de classificação destes processos que é uma excelente oportunidade de discussão do papel de cada variável na determinação dos níveis de susceptibilidade considerados. Independente das escolhas que foram feitas, a área do entorno do condomínio residencial Carlos Marighella apresenta grande susceptibilidade a enchentes e inundações.

Este trabalho evidencia, ainda, que a ação do poder público deve ir muito além de somente dragar os rios e canais no entorno do condomínio residencial Carlos Marighella, mas também incluir ações que vão desde regular as ocupações do entorno, promover ações capazes de alertar melhor os residentes quando se formar uma situação de risco de desastre e até mesmo criar alternativas para o escoamento da água das chuvas em situações extremas.

Referências bibliográficas

1. AMARAL, R.; RIBEIRO, R. R. **Inundação e enchentes**. In: *Desastres naturais: conhecer para prevenir*. TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (orgs.). Instituto Geológico/Secretaria do Meio Ambiente/Governo do Estado de São Paulo, 2012.
2. BLASCHKE, T. **Object based image analysis for remote sensing**. In: *ISPRS. Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. Austria, n. 65 (2010), 2-16.
3. CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. **Geologia do Estado do Rio de Janeiro**. SILVA, L. C.; CUNHA, H. C. S. (orgs.). Brasília, 2001.
4. DEFINIENS. **The principles of definiens cognition network technology**. Disponível em: <http://earth.definiens.com/learn/technology>. Acesso em 15/01/2010.
5. SANTOS, H. G.; ZARONI, M. J. **Solos tropicais**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. Rio de Janeiro, 2013.
6. G1 RIO. **Imagens aéreas mostram alagamento em condomínio de Itaipuaçu, no RJ**. *Globo.com*, Região dos Lagos – Inter TV. Acessado em 20/03/2019. Disponível em: <http://g1.globo.com/rj/regiao-dos-lagos/noticia/2016/03/imagens-aereas-mostram-alagamento-em-condominio-de-itaipuacu-no-rj.html>. 2 de março de 2016.
7. PORTAL BRASIL. Governo do Brasil. **Dilma inaugura mais 2,9 mil unidades habitacionais em Maricá (RJ)**. Publicado em 31/07/2015, última modificação: 23/12/2017. Acessado em 20/03/2019. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/noticias/infraestrutura/2015/07/dilma-inaugura-mais-2-9-mil-unidades-do-minha-casa-minha-vida-em-marica-rj>. 2015.

8. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE cidades**. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br>. Acesso em 01/07/2016.
9. MUEHE, D. **Distribuição e caracterização dos sedimentos arenosos da plataforma continental interna entre Niterói e Ponta Negra, RJ**. In: *Revista Brasileira de Geociências*, 19(1):25-36, 1982.
10. _____. **O litoral brasileiro e sua compartimentação**. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (orgs.). *Geomorfologia do Brasil*. Capítulo 7. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil S.A., 1998.
11. SEABRA, V. S. **Dinâmica do uso e cobertura do solo na planície costeira de Maricá (1985-2001)**. NADC/UFRJ, Rio de Janeiro, 2005.
12. _____.; AUGUSTO, R. C. **O litoral leste do estado do Rio de Janeiro**. In: AUGUSTO, Rafael C.; SEABRA, Vinicius (orgs.). *Dinâmicas ambientais e geoprocessamento no litoral leste do estado do Rio de Janeiro*. 1ª ed., Rio de Janeiro. Autografia, 2018.
13. _____.; CAMPOS, A. O.; MODESTO, N. S. D.; SIQUEIRA NETO, D.; CORREIA, M. R.; COSTA, E. C. P.; SANTOS, A. A. B. **Análise da distribuição da população por diferentes unidades de representação: um estudo de caso para o município de Niterói-RJ**. In: *Revista Espaço e Geografia (UnB)*, v. 18, p. 89-120, 2015.
14. _____.; SILVA, G. C.; CRUZ, C. B. M. **The use of geoprocessing to assess vulnerability on the east coast aquifers of Rio de Janeiro State, Brazil**. In: *Environmental Geology* (Berlin), v. 57, p. 665-674, 2009.
15. TOMINAGA, L. K. **Desastres naturais: por que ocorrem?** In: *Desastres naturais: conhecer para prevenir*. TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (orgs.). Instituto Geológico/Secretaria do Meio Ambiente/Governo do Estado de São Paulo, 2012.
16. VALERIANO, M. M. **TOPODATA**. Guia de utilização de dados geomorfométricos locais. São José dos Campos. INPE. Disponível em <http://www.dsr.inpe.br/topodata/>. 2008.