

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE INFILTRAÇÃO RELATIVO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS URBANAS DO RIO ANIL E DO RIO GRANDE (MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO)

ASSESSMENT ON INFILTRATION POTENTIAL OF URBAN WATERSHED OF THE ANIL RIVER AND GRANDE RIVER (RIO DE JANEIRO MUNICIPALITY)

Paulo Walter Freire do Nascimento¹, Regina Paula Benedetto de Carvalho¹, Vivian Castilho da Costa¹

¹ Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Correspondência para: Regina Paula Benedetto de Carvalho (reginapaulabenedettodec@gmail.com)

doi: 10.12957/geouerj.2017.23479

Recebido em: 21 jun. 2016 | Aceito em: 8 mai. 2017



RESUMO

Com a preocupação de aprofundar os estudos sobre as mudanças no comportamento do processo de infiltração de água nas bacias, o presente trabalho propõe desenvolver uma classificação para avaliar, em termos comparativos, as diferenças multitemporais e espaciais do potencial de infiltração das bacias urbanas do rio Anil e rio Grande (município do Rio de Janeiro) em função da variável correspondente ao tipo de uso e cobertura da terra. A metodologia de classificação e análise do potencial de infiltração relativo nas bacias foi desenvolvida a partir de quatro etapas complementares: levantamento de informações bibliográficas e de dados institucionais, agrupamento das classes de uso e cobertura da terra, geoprocessamento e trabalhos de campo. Com os resultados obtidos, foi possível ratificar o que vem ocorrendo nas bacias desde a década de 70, período na qual se intensificou o processo de urbanização na Baixada de Jacarepaguá, que acarretou mudanças no funcionamento hidrológico, em especial do potencial de infiltração das bacias entre 1984 e 2001, a partir, por exemplo, da redução da área com potencial alto em 10,6% na bacia do rio Grande e uma redução de 6,9% na bacia do rio Anil em decorrência, principalmente, do aumento de 4,8% e 6,2% das áreas sem potencial nas bacias, respectivamente.

Palavras-chave: Bacias hidrográficas; geotecnologias, potencial de infiltração relativo; cobertura e uso da terra.

ABSTRACT

With a view to further study the changes in the behavior of the process of water infiltration catchment basins of the Anil river and Grande river (Rio de Janeiro municipality), this paper proposes to develop a classification to assess, in comparative terms, the multi-temporal and spatial differences of potential infiltration due to the variable corresponding to the type of land cover. The methodology of classification and infiltration analysis of the potential on the watersheds was developed from four complementary stages: collection of bibliographic information and institutional data, grouping of classes of land cover, geoprocessing and fieldwork. With the results, it was possible to ratify what is happening in the catchment basins since the 70s, a period in which intensified the urbanization process in the Baixada de Jacarepaguá, which led to changes in the hydrological functioning, in particular the relative potential infiltration catchment basins between 1984 and 2001, from, for example, reducing the area with high potential 10.6% in the watershed of the Grande river and a reduction of 6.9% in the catchment basins of the Anil river due mainly to the increase of 4.8% and 6.2% of potential areas without the catchment basins, respectively.

Keywords: Catchment basins; geotechnology, relative infiltration potential; land cover.

INTRODUÇÃO

Face ao crescimento e adensamento populacional nas cidades brasileiras, os últimos 100 anos foram marcados pela devastação da cobertura vegetal nas encostas e nas baixadas que deram lugar as áreas construídas. As consequências ambientais decorrentes dessas ações vão muito além da fragmentação das florestas e da degradação da biota local, pois altera a dinâmica dos processos hidrológicos que se repercutem no modelado da paisagem e no funcionamento dos geossistemas (CARVALHO, 2013; RIBEIRO et al., 2013).

Nas bacias urbanas a retirada quase que total da cobertura vegetal para inserção de ações antrópicas como canalizações, impermeabilização, pavimentação, aterros e edificações reduzem consideravelmente a infiltração de água nos solos, fazendo com que haja cada vez menos retenção de água nas bacias e maior tendência de esgotamento das nascentes e ressecamento dos córregos (BOTELHO, 2011).

Inseridas na Baixada de Jacarepaguá, na cidade do Rio de Janeiro, as bacias hidrográficas do rio Anil e rio Grande são exemplos de ambientes que vem sendo rapidamente alterados pela urbanização local. Desde meados do século XX estas bacias vêm sofrendo alterações ambientais devido à incorporação da Baixada de Jacarepaguá a zona de expansão municipal. Com isso, a remoção da cobertura vegetal e a introdução de novas formas de uso da terra têm gerado impactos negativos, levando a descaracterização do meio natural e dos ecossistemas.

Pesquisadores como Marques (1990), Freitas (2009), Carvalho (2013), Carvalho & Costa (2015), e Carvalho (2017) defendem que a repercussão destes impactos pode se refletir na dinâmica hidrológica e pedológica das bacias, com alterações que se refletem na superfície e subsuperfície causando, muitas vezes, mudanças no processo de infiltração e de escoamento superficial dos terrenos.

A identificação das mudanças da dinâmica superficial pode contribuir com a prevenção de acidentes geomorfológicos e com ações de requalificação ambiental (FULLEN & CATT, 2004; BEZERRA, 2013). Tais estudos contam cada vez mais com o apoio de geotecnologias, como os sistemas de informações geográficas (SIG), ferramentas de cunho integrativo capazes de extrair, associar e analisar dados espaciais gerando informações de diferentes naturezas. Vários trabalhos de

geoprocessamento vêm sendo desenvolvidos para analisar as mudanças ambientais que vem ocorrendo na Baixada de Jacarepaguá de 1980 aos dias atuais (CARVALHO, 2013; CARVALHO & COSTA, 2015). Recentemente um estudo de interpretação de imagens de satélite de média resolução (Landsat 5 e Landsat 8) foi realizado pela NASA (2016) em parceria com a prefeitura do Rio de Janeiro, comprovando que de 1984 até 2015 a Barra da Tijuca e a zona oeste da cidade (Baixada de Jacarepaguá) sofreram grandes transformações no uso da terra, com rápido avanço da urbanização em detrimento da retirada da cobertura vegetal. O projeto avança em sua nova fase no sentido de compreender a dimensão dos impactos dessas mudanças na intensificação de desastres naturais como inundações e deslizamentos de terra por toda a cidade, relacionando os processos sociais com ações no meio físico tais como desmatamento, impermeabilização dos solos e instalação de infraestruturas urbanas.

Considera-se, portanto, que o estudo do potencial de infiltração de água nos solos utilizando geotecnologias para identificação das mudanças na cobertura vegetal e uso da terra pode ser um importante instrumento para o planejamento do uso da terra urbana, na medida em que sua aplicação possibilita a geração de informações especializadas para o monitoramento de áreas protegidas (APPs e Unidades de Conservação), para a identificação de áreas frágeis a processos erosivos, pela exposição dos solos, ou ao escoamento superficial, pela impermeabilização, potenciais para reflorestamento ou introdução de técnicas que garantam a absorção de água dos solos.

Assim, com a preocupação de aprofundar os estudos sobre as mudanças no comportamento do processo de infiltração nas bacias urbanas, o presente trabalho adotou as bacias do rio Grande e Anil como área de pesquisa. O objetivo foi desenvolver uma classificação da cobertura vegetal e uso da terra, utilizando geotecnologias como SIG e interpretação de imagens de satélite de alta resolução, para avaliar, em termos comparativos, as diferenças multitemporais e espaciais do potencial de infiltração de duas bacias urbanizadas.

ÁREA DE ESTUDO

As bacias hidrográficas do rio Anil e rio Grande estão localizadas na Baixada de Jacarepaguá, na Zona Oeste da cidade do Rio de Janeiro. A Baixada de Jacarepaguá é uma planície costeira limitada ao sul pelo Oceano Atlântico, a oeste pelo maciço da Pedra Branca, onde nasce a bacia do rio Grande, e a leste pelo maciço da Tijuca, onde nasce a bacia do rio Anil. Ambas as bacias estão justapostas e seus canais principais, após percorrer áreas de floresta e adensadas pela ocupação urbana, se encontram nos terrenos alagadiços da planície costeira, formando um só canal (canal do Arroio Fundo) e desaguardando no complexo lagunar de Jacarepaguá.

A bacia do rio Anil está posicionada no flanco sudeste do Maciço da Tijuca, ocupando uma área 24,82 km² e tem como divisores estabelecidos, de leste para oeste, a Pedra da Tijuca, a Serra dos Três Rios e a Serra dos Pretos Forros (MARQUES, 1990).

Quanto à bacia do rio Grande, ocupa uma área de 56,69 Km², tendo como divisores: a nordeste, o contato entre o Maciço da Pedra Branca e da Tijuca, ao norte pelas Serras do Engenho Velho, do Barata e de Bangu, a oeste, o Morro da Bandeira, o Pico da Pedra Branca, o Morro de Santa Barbara, a Pedra do Quilombo (MARQUES, 1990 e FREITAS, 2009).

De acordo com a divisão político-administrativa da Baixada de Jacarepaguá, as bacias do rio Anil e rio Grande estão inseridas entre os limites dos bairros pertencentes às seguintes Regiões Administrativas: VI RA – Jacarepaguá, e a XXXIII RA - Cidade de Deus da Área de Planejamento 4 (AP). Estas compõem um total de 11 bairros, são eles: Anil, Freguesia, Pechincha, Tanque, Taquara, Gardênia Azul, Praça Seca, Vila Valqueire, Jacarepaguá, Curicica e Cidade de Deus (FREITAS, 2009).

A ocupação da Baixada de Jacarepaguá teve sua expansão principalmente a partir de 1970, quando junto a urbanização foram iniciadas obras de aterro, pavimentação, construção de estradas, drenagem das áreas alagadiças, retificação de rios e abertura de canais. As mudanças advindas desse processo de ocupação acarretaram na transformação de uma área pouco habitada e tradicionalmente agrícola, em um dos espaços atualmente mais valorizados e que apresenta o maior índice de crescimento populacional da cidade carioca (CARVALHO, 2013). Esta rápida expansão urbana acarretou na

degradação do ambiente por meio de ações como o desmatamento de áreas protegidas (margens de rios, topos de morro, áreas inundáveis), poluição e, conseqüentemente, com o aumento da fragilidade e dos riscos de processos erosivos e hidrológicos nas áreas de encosta e baixada (RIBEIRO et al., 2013; CARVALHO & COSTA, 2015; CARVALHO, 2017).

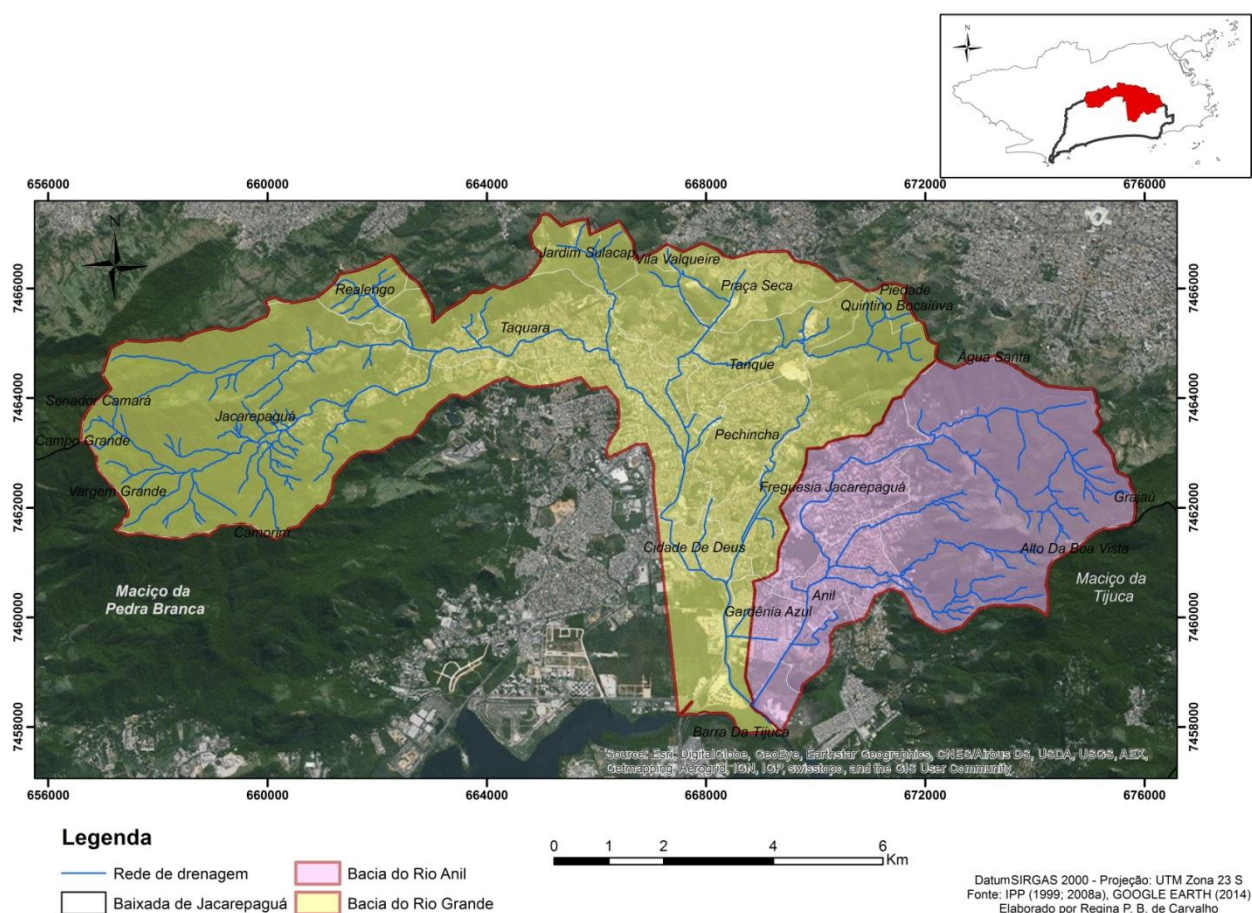


Figura 1. Localização e limites das bacias do rio Grande e Anil. Fonte: CARVALHO, 2017.

MARCOS TEÓRICOS

O processo de infiltração nas bacias urbanas

O termo infiltração é proposto por alguns autores para expressar a água que molha ou que é absorvida pelo solo. Já para referir-se ao fluxo de subsuperfície que atravessa a zona de aeração em direção ao nível freático, propôs o termo percolação. Isso porque segundo o autor, as características da superfície

e da cobertura dos solos limitam a infiltração, mas que são fenômenos fortemente inter-relacionados (COELHO NETTO, 2007).

Nas bacias hidrográficas urbanas, o processo de infiltração é alterado pelas formas antrópicas, desencadeando mudanças também na unidade do sistema e morfologia da paisagem. Botelho (2011) explica que as possibilidades de caminhos da água são reduzidas devido à ausência de cobertura vegetal. Assim, ao contrário do que ocorre em áreas de floresta, no ambiente urbano esses caminhos se resumem aos processos de escoamento superficial e infiltração, com a maior participação do primeiro em razão do processo de impermeabilização do terreno devido ao grande número de edificações e da pavimentação das vias de circulação.

Coelho Netto (2007) cita o tipo de cobertura e uso da terra como uma das variáveis-controle que regulam a capacidade de infiltração nos solos, além das características das chuvas, condições do solo (textura, profundidade, umidade, etc.) e da atividade biológica. Isso por que o tipo de cobertura e uso da terra (condições da superfície do solo) serve como um fator que potencializa o processo de infiltração, pois dependendo do tipo de uso e cobertura da terra pode tender a aumentar ou reduzir a capacidade de infiltração do solo.

Capacidade de infiltração dos solos em função da cobertura vegetal e tipos de uso da terra

Coelho Netto (2007) menciona, por exemplo, as áreas de floresta que geralmente apresentam os maiores valores de água infiltrada, especialmente por conta da serapilheira e das raízes que facilitam a infiltração da água no solo. Contrariamente, com a redução da cobertura vegetal haverá o decréscimo da infiltração.

Agora, comparando o funcionamento de uma bacia hidrográfica em áreas florestadas, ou mesmo com atividades agrárias, com o de uma área urbana, Botelho & Silva (2004) afirmam que são bem diferentes, pois por mais que as atividades agrárias sejam responsáveis pela redução da entrada de

água no solo, ainda há infiltração significativa de água proveniente das chuvas. Porém em áreas urbanas, onde há uma expressiva superfície impermeabilizada, ocorre a geração de importantes fluxos superficiais e nenhuma ou quase nenhuma infiltração.

Vale a pena destacar que, de acordo com Botelho & Silva (2004), o processo de infiltração no ambiente rural é próximo, ou mesmo semelhante, ao das áreas florestadas e de gramíneas, não havendo grande redução na entrada de água no solo, predominando assim a infiltração com relação ao escoamento. Contudo, ainda assim, Botelho & Silva (2004) apontam que estudos tem demonstrado, através de experimentos, que a infiltração em áreas cultivadas é significativamente menor do que em áreas florestais devido à exposição do solo uma parte do ano e a falta de práticas conservacionistas nas áreas agrícolas, reduzindo assim a infiltração de água no solo.

Já quando se trata dos solos nus em decorrência do desmatamento, as gotas de chuva, ao se chocarem contra o solo, podem provocar o splash, que é o salpicamento de partículas, causando a ruptura dos agregados. Isso origina o processo de selagem do topo do solo, dificultando a infiltração das águas da chuva, provocando o escoamento superficial (GUERRA & BOTELHO, 1996).

Nesse sentido, com base nos autores Botelho & Silva (2004), Coelho Netto (2007), Botelho (2011) e outros, é possível afirmar que áreas de florestas são o tipo de uso e cobertura da terra que mais facilita a entrada de água no solo, ou seja, potencializa o processo de infiltração em relação aos outros tipos de uso e cobertura da terra, e claro dentre os outros fatores condicionantes do processo de infiltração.

É importante ainda salientar que, por mais que a literatura seja divergente com relação às diferenças do potencial de infiltração existente entre as áreas com uso e cobertura de pastagem/gramíneas e cultivos, é consenso entre os pesquisadores que em ambos o potencial de infiltração é maior que o das áreas com solo exposto, e menor do que em áreas florestadas. De maneira geral, as atividades humanas que são exercidas com fins econômicos influenciam de forma direta no processo de infiltração da água no solo e quanto mais próximo das condições naturais estiver o solo, maiores são as taxas de infiltração apresentadas (SILVA, 2012). Portanto, o presente trabalho irá enfatizar os diferentes tipos

de uso e cobertura da terra que estão inseridos nas bacias hidrográficas do rio Anil e rio Grande, identificando as áreas com maior ou menor potencial de infiltração de maneira sempre relativa com base em estudos que abordam a temática.

O uso de geoprocessamento na análise de bacias hidrográficas

A presente pesquisa se baseou no trabalho de Piroli (2015), que utilizou técnicas e métodos de geoprocessamento para a elaboração da análise do uso da terra na microbacia hidrográfica do Córrego das Furnas nos anos de 1972 e 2012, com o objetivo de avaliar o impacto destas mudanças na infiltração de água no solo e no seu escoamento superficial.

Dentre as mais variadas finalidades, objetivos e áreas de aplicação do SIG, a utilização do mesmo no presente trabalho tem a finalidade do monitoramento do uso e cobertura da terra, com objetivo de acompanhar a mudança do potencial de infiltração ao longo do tempo através da comparação de mapeamentos nas bacias hidrográficas do rio Anil e rio Grande. Desse modo, o uso do geoprocessamento possibilita a determinação acurada da variação do uso e cobertura da terra de duas bacias hidrográficas no tempo e no espaço, permitindo assim a análise e identificação das áreas de maior/menor potencial de infiltração.

Assim, tomando como base os estudos de Carvalho (2013), Carvalho (2017) e a revisão bibliográfica realizada sobre o tema, verificou-se que a aplicação de geoprocessamento em estudos ambientais no âmbito das bacias hidrográficas urbanas tem contribuído para o melhor entendimento dos processos naturais e sociais que modificam e condicionam a dinâmica do geossistema.

METODOLOGIA

A metodologia de classificação e análise do potencial de infiltração relativo correspondente aos tipos de cobertura vegetal e uso da terra existentes nas bacias do rio Grande e Anil foi desenvolvida a partir de quatro etapas complementares: (a) levantamento de informações bibliográficas e de dados

institucionais, (b) agrupamento das classes de cobertura vegetal e uso da terra, (c) geoprocessamento, e (d) trabalhos de campo.

O termo “potencial de infiltração relativo” foi adotado pelos autores com o intuito de deixar clara a proposta do trabalho, que se restringe à relativização entre valores qualitativos do uso da terra, com base nas referências sobre o tema. Portanto, a avaliação do potencial de infiltração é abordada a partir da comparação entre as diferentes capacidades de infiltração da água nos solos sob a influência de diferentes tipos de cobertura vegetal e ocupações presentes nas bacias do rio Grande e Anil.

Levantamento de informações bibliográficas e de dados institucionais

Primeiramente foi feito o levantamento das bases cartográficas vetoriais e matriciais disponíveis nos órgãos públicos necessárias a realização dessa pesquisa. Dessa forma foram adquiridos os mapas de cobertura vegetal e uso da terra produzidos pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente – SMAC, para o município do Rio de Janeiro dos anos de 1984, 1992, 2001 e 2010; rede de drenagem (IPP, 2008); limite das microbacias municipais (IPP, 2000); e ortofotos do ano de 2013 (de alta resolução espacial, ou seja, 10 cm) das áreas das bacias do rio Grande e Anil cedidas pelo Instituto Pereira Passos.

Paralelo à aquisição dos dados, foi realizada uma vasta pesquisa documental, em busca de trabalhos acadêmicos que tratassem do processo de infiltração em diferentes tipos de ambientes naturais e antrópicos, fatores condicionantes e que implicam na mudança do comportamento desse processo.

Agrupamento das classes de cobertura vegetal e uso da terra

Sabe-se que o processo de infiltração se dá através da entrada de água no solo e que este fenômeno está suscetível a influência de diversos fatores que podem afetar seu desempenho. Dentre eles a pesquisa ressaltou os tipos de cobertura vegetal e uso da terra definidos pela SMAC para a cidade do

Rio de Janeiro e identificados nas bacias do rio Anil e rio Grande nos mapeamentos de 1984, 1992, 2001 e 2010.

Nesse sentido, foram criados sete grupos que representam diferentes potenciais relativos de infiltração. Ou seja, as classes de cobertura vegetal e uso da terra foram reagrupadas comparando as características desses ambientes com base em estudos realizados pela SMAC e também no material bibliográfico que se refere a temática da infiltração em diferentes tipos de ecossistemas e usos antrópicos. Se destacam os trabalhos de Bertoni & Lombardi Neto (1990), Guerra & Botelho (1996), Panachuki (2003), Botelho & Silva (2004), Paz (2004), Tucci (2005), Coelho Netto (2007), Gonçalves et al. (2007), Mendonça et al. (2009), Botelho (2011) e Silva (2012).

Os nomes das classes foram baseados no estudo de Gonçalves et al. (2007), o qual possui objetivos similares a este trabalho, mas que se difere metodologicamente, aplicando o cruzamento de aspectos geológicos, geomorfológicos e pedológicos para identificar o potencial de infiltração do meio.

Assim, os sete grupos de potencial relativo de infiltração apresentam as seguintes características e classes de uso da terra associadas:

Áreas de acumulação: nesse grupo estão contidas as áreas classificadas pelos mapas da SMAC ocupadas pela rede de drenagem e pelas lagoas, que equivalem as “águas interiores” e “corpo d’água continental”.

Escoamento superficial: nestas áreas foram agrupadas as classes onde naturalmente predomina o processo de escoamento superficial, que de acordo com os mapas da SMAC são representadas pelos afloramentos rochosos.

Potencial alto: aqui foram agrupadas as classes caracterizadas pela presença de árvores, pois através delas ocorre maior retenção de matéria orgânica, o que auxilia na conservação da umidade nos solos,

preserva a porosidade e aumenta a capacidade de absorção e infiltração de água (MENDONÇA et al., 2009).

Este grupo abrange classes da cobertura vegetal identificada pela SMAC que, de acordo com a literatura, apresentam comportamento semelhante durante o processo de infiltração quando comparada as demais classes de uso da terra. Nele foram agrupadas as classes “floresta”, “floresta alterada”, “vegetação secundária”, “reflorestamento”, “vegetação arbóreo-arbustiva” e “restingas”.

Potencial condicionado: Esse grupo recebeu este nome, pois as áreas ocupadas pelas classes de cobertura vegetal que o representam possuem características ambientais muito específicas. Apesar de haver pouca literatura sobre o tema, através da pesquisa bibliográfica realizada pôde-se constatar que nestas áreas o processo de infiltração é fortemente influenciado pelo modelado do relevo, que sendo de baixa topografia favorece o acúmulo de água, mantendo os solos constantemente ou periodicamente saturados devido a drenagem incipiente. A falta de gradiente do relevo faz com que, muitas vezes, essas áreas tenham a mesma altimetria dos rios e lagoas, favorecendo sua inundação constante, inclusive pelas águas do mar, de acordo com o nível das marés (MARQUES, 1984; FILHO, 2009). Dessa forma, o processo de infiltração poderá ocorrer quando não há saturamento dos terrenos, o que é mais comum nos períodos de seca.

Os tipos vegetais que ocupam estes ambientes são específicos de terrenos alagadiços ou de charco, ora mais ora menos influenciadas pelos sais e nutrientes de origem marinha. Segundo a classificação da SMAC, de 1984 a 2010 nas bacias do rio Grande e rio Anil essas áreas correspondem às chamadas “áreas úmidas”, “mangues” e “brejos”.

Potencial muito restrito: Nessas áreas a infiltração é prejudicada pela ausência da cobertura vegetal e compactação dos solos. Isso porque, de acordo com Studart (2003), solos expostos podem se tornar parcialmente impermeáveis pela ação compactadora das gotas de chuva, e pelo impacto do tráfego constante de homens, veículos ou animais. Tudo isso acaba gerando o aumento do escoamento superficial e da suscetibilidade de erosão, restringindo em muito o potencial de infiltração dessas áreas

se comparadas, por exemplo, com áreas que tenham pelo menos uma vegetação herbácea. Assim, neste grupo foram incluídas as classes "solo exposto" e "extração mineral", que são áreas de solo exposto, sejam por ocorrência de terraplanagens, deslizamentos ou outras atividades antrópicas (SMAC, 2000).

Potencial restrito: aqui foram agrupadas as classes de uso da terra denominadas pelas SMAC de "campo antrópico", "urbano não consolidado", "agricultura" e "vegetação gramínea-lenhosa". Representam áreas com atividades agrícolas ou que contenham vegetação campestre, com predominância de herbáceas (vegetação de baixo porte). Nesses tipos de uso da terra o processo de infiltração ocorre de forma restrita ou limitada quando comparado às áreas de floresta, mas possuem maior potencial do que as áreas que apresentam solo exposto.

Sem potencial: este grupo é representado pelas classes identificadas pela SMAC como "área urbana" e "áreas urbanizadas". A impermeabilização dessas áreas, resultante da urbanização intensa, modificou radicalmente as características naturais dos espaços, e alterou significativamente o funcionamento do ciclo hidrológico, reduzindo a infiltração e, portanto, aumentando o escoamento superficial (TUCCI, 2005).

O grupo "sem potencial" se caracteriza pela perda do potencial de infiltração devido à urbanização, que é um processo induzido em decorrência da ação antrópica, sendo este processo o fator causal da incapacidade de infiltração. Dessa forma, ele se difere do grupo denominado de "escoamento superficial", onde foram agrupadas as áreas de afloramentos rochosos, porque nestas a ausência do processo de infiltração ocorre de maneira natural.

Na tabela a seguir pode-se visualizar os agrupamentos de acordo com o nome da classe utilizada pela SMAC nos mapeamentos dos anos de 1984, 1992, 2001 e 2010:

Grupos	Classes 1984	Classes 1992	Classes 2001	Classes 2010
Potencial Alto	Floresta; Floresta	Floresta Floresta alterada	Floresta Floresta alterada	Vegetação arbóreo-arbustiva

	alterada.			Reflorestamento Vegetação secundária Restingas Agricultura Vegetação gramíneo-lenhosa
Potencial Restrito	Campo antrópico Urbanos não consolidado	Campo antrópico Urbanos não consolidado	Campo antrópico Urbanos não consolidado	
Potencial Muito Restrito	Solo exposto	Solo exposto	Solo exposto	Área de exploração mineral Solo exposto
Potencial Condicionado	Áreas úmidas Mangue	Áreas úmidas Mangue	Áreas úmidas Mangue	Mangue Brejos
Sem Potencial	Área urbana	Área urbana	Área urbana	Áreas urbanizadas
Escoamento Superficial Áreas de Acumulação	Afloramento Rochoso Águas interiores	Afloramento Rochoso Águas interiores	Afloramento Rochoso Águas interiores	Afloramento Rochoso Corpo d'água continental

Tabela 1. Classes de uso e cobertura e seus respectivos grupos de potencial de infiltração relativo.

Geoprocessamento dos dados

Após estabelecer conceitualmente a forma de agrupamento das classes de cobertura vegetal e uso da terra, foi preciso aplicá-la aos dados cartográficos oriundos da SMAC (mapeamentos da cobertura vegetal e uso da terra de 1984, 1992, 2001 e 2010) e do IPP (ortofotos de 2013) para se conseguir extrair as informações sobre as diferenças de potenciais relativos de infiltração ao longo dos anos e nas bacias do rio Grande e Anil.

Assim, os mapas foram elaborados em ambiente SIG, com o auxílio do software ArcGIS 10.3.1 no Laboratório Geopro, Grupo de Geoprocessamento vinculado ao Instituto Virtual de Mudanças Globais – COPPE/UFRJ e no Lagepro, Laboratório de Geoprocessamento vinculado ao Instituto de Geografia da UERJ. Nestes laboratórios foi realizado o pré-processamento dos dados cartográficos (vetoriais e matriciais), padronizando-os na projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), Fuso 23 Sul, com o sistema de referências SIRGAS 2000, Zona 23 Sul, e através do recorde dos mapas de cobertura

vegetal e uso da terra utilizando os limites das bacias do rio Anil e rio Grande, e adequação das tabelas de atributos de cada mapa. Para isso foi criada uma nova coluna chamada “Infiltração”, a qual correspondeu aos diferentes potenciais relativos de infiltração, de acordo com a metodologia de agrupamento elaborada, associada a diferentes feições de cada mapa. Com isso foi possível recalcular o valor das áreas (em km²) de cada grupo potencial de infiltração. Estes valores foram transformados em percentuais, e sua análise foi feita de duas formas:

- Comparando as mudanças multitemporais dos percentuais das áreas ocupadas por cada uma das sete classes. Durante essa etapa é possível observar a evolução do comportamento do potencial de infiltração nas bacias entre os anos de 1984, 1992 e 2001. Cabe ressaltar que a análise temporal do potencial relativo de infiltração foi limitada aos mapeamentos de 1984, 1992 e 2001 (SMAC, 1984; 1992; 2001) por questões metodológicas que diferenciam esses levantamentos do que foi realizado para o ano de 2010. Aqueles foram baseados em imagens de média resolução (Landsat), com escalas de 1:50.000, já o mapa de 2010 foi elaborado na escala de 1:10.000, por meio do uso de imagens de alta resolução, o que propiciou uma análise visual mais acurada e detalhada da superfície e, portanto, uma classificação atual menos generalizada.
- Comparando as mudanças percentuais das classes em relação ao valor total de área de cada bacia, por meio da atualização do mapa de 2010 que foi sobreposto a ortofotos de alta resolução (10 cm) referente ao ano de 2013 (IPP, 2013). Neste momento foi possível identificar a atual (ou mais recente) representatividade das classes de potencial de infiltração nas bacias, vetorizando o mapa de 2010 com base na interpretação visual das ortofotos de 2013. Para isso foi preciso fixar uma escala de observação, que neste caso obedeceu ao padrão de 1:10.000, adotada pela SMAC no mapeamento de 2010.

Trabalho de Campo

A realização do trabalho de campo visou identificar e ratificar a classificação prévia dos tipos de potenciais de infiltração relativos contidos no mapa final do potencial de infiltração das bacias do rio Anil e rio Grande de 2013.

Para isso, a escolha dos pontos foi definida a partir de locais que representassem diferentes tipos de potenciais de infiltração. No total foram realizadas quatro visitas de campo: dois na bacia do rio Grande, nos dias 12/12/2015 e 14/03/2016; e dois na bacia do rio Anil, nos dias 8/04/2016 e 12/05/2016.

ANÁLISES E RESULTADOS

As análises foram divididas em dois momentos: no primeiro momento foi feita monitoria das classes de potencial de infiltração entre os anos de 1984, 1992 e 2001; e num segundo momento foi feita a comparação entre os percentuais das classes ocupadas em cada bacia no ano de 2013. Os resultados são apresentados nos tópicos a seguir.

Análise do potencial de infiltração das bacias do rio Grande e rio Anil entre os anos de 1984, 1992 e 2001.

A comparação do potencial de infiltração relativo entre as bacias foi realizada de maneira percentual, considerando o valor de área total de cada bacia, já que são diferentes: a bacia do rio Grande com seus 56,69 km² é maior do que a área da bacia do rio Anil que possui 24,84 km². Esses valores foram identificados para as duas bacias para os anos de 1984, 1992 e 2001, conforme as tabelas a seguir:

Classes de Potencial de infiltração relativo da bacia do rio Grande	1984		1992		2001	
	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%
Área de acumulação	0,06	0,1	0,1	0,17	0,05	0,09
Escoamento superficial	0,12	0,21	0,12	0,21	0,13	0,21
Potencial alto	28,29	49,9	25,5	44,99	22,27	39,28

Potencial condicionado	3,13	5,53	2,15	3,79	1,87	3,3
Potencial muito restrito	1,19	2,11	2,06	3,63	2	3,53
Potencial restrito	11,13	19,64	13,36	23,57	14,88	26,25
Sem potencial	12,76	22,51	13,4	23,64	15,5	27,34
TOTAL	56,69	100	56,69	100	56,69	100

Tabela 2. Resultado com os valores da área (km²) e percentual (%) das classes de infiltração da bacia do rio Grande.

Classes de Potencial de infiltração relativo da bacia do rio Anil	1984		1992		2001	
	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%
Área de acumulação	0	0	0	0	0	0
Escoamento superficial	0,24	0,96	0,24	0,96	0,24	0,96
Potencial alto	14,11	56,83	13,83	55,72	12,39	49,93
Potencial condicionado	0,65	2,64	0,25	1,01	0,25	1,01
Potencial muito restrito	0,28	1,12	0,74	2,99	0,25	1
Potencial restrito	5,22	21,03	5,41	21,81	5,81	23,43
Sem potencial	4,33	17,43	4,35	17,5	5,88	23,69
TOTAL	24,82	100	24,82	100	24,82	100

Tabela 3. Resultado com os valores da área (km²) e percentual (%) das classes de Infiltração da bacia do rio Anil.

Partindo do potencial de infiltração mais elevado, a bacia do rio Grande obteve a maior perda de área com potencial alto de 1984 a 2001, acumulando uma perda de 10,62%, maior que se comparado com a bacia do rio Anil, que ficou com uma redução de 6,9% para o mesmo período. Em 2001 na bacia do rio Grande, a área com infiltração considerada de potencial alto correspondia a 39,28% da área total da bacia, enquanto na bacia do rio Anil correspondia a 49,93%.

No que se refere às áreas com potencial de infiltração restrito, em ambas as bacias obtiveram aumento da área com este potencial de 1984 a 2001. Na bacia do rio Anil, o aumento da área com potencial restrito foi de 2,4%, representando 23,43% da área total da bacia em 2001. Já na bacia do rio Grande ocorreu um aumento de 6,61%, representando 26,25% da área da bacia.

As áreas com potencial de infiltração muito restrito tiveram comportamentos diferentes se compararmos as duas bacias. Na bacia do rio Anil houve uma redução de 0,12% da área com potencial muito restrito de 1984 a 2001. Enquanto na bacia do rio Grande houve um aumento de 1,42% da área com potencial muito restrito para o mesmo período. Vale lembrar que a redução desta classe na bacia do rio Anil e o aumento da mesma na bacia do rio Grande não se deram de maneira gradual ao longo do tempo. Por exemplo, no caso da bacia do rio Anil, ocorreu um aumento entre 1984 e 1992, e uma posterior redução entre 1992 e 2001. Apesar do aumento no primeiro intervalo, de uma maneira geral ocorreu uma redução se analisarmos o período por inteiro. No entanto, na bacia do rio Grande, apesar da redução da área com potencial muito restrito no segundo intervalo (1992 a 2001), isso não foi o bastante para se caracterizar uma redução da área de forma geral ao longo de todo período.

No que tange às áreas com potencial de infiltração condicionado, a bacia do rio Grande obteve uma maior redução deste potencial entre 1984 e 2001, em torno de 2,63%, se comparado à redução de 1,63% na bacia do rio Anil.

Por último, as áreas sem potencial em ambas as bacias obtiveram aumento. Na bacia do rio Anil o aumento foi de 6,26% da área sem potencial de 1984 a 2001, maior que na bacia do rio Grande que ficou em torno de 4,83% no mesmo período. Em 2001, este potencial representava 23,69% da área total da bacia do rio Anil, enquanto na bacia do rio Grande representava 27,34%.

Ao comparar as mudanças do potencial de infiltração entre as bacias do rio Anil e rio Grande entre 1984, 1992 a 2001, é possível atestar que em ambas as bacias o comportamento relativo do potencial de infiltração, com base no estudo das mudanças do uso e cobertura da terra, é semelhante, visto que o aumento ou a redução de determinado potencial ocorreu ao mesmo tempo tanto na bacia do rio Anil como na do rio Grande, com a única exceção das áreas com “potencial muito restrito”.

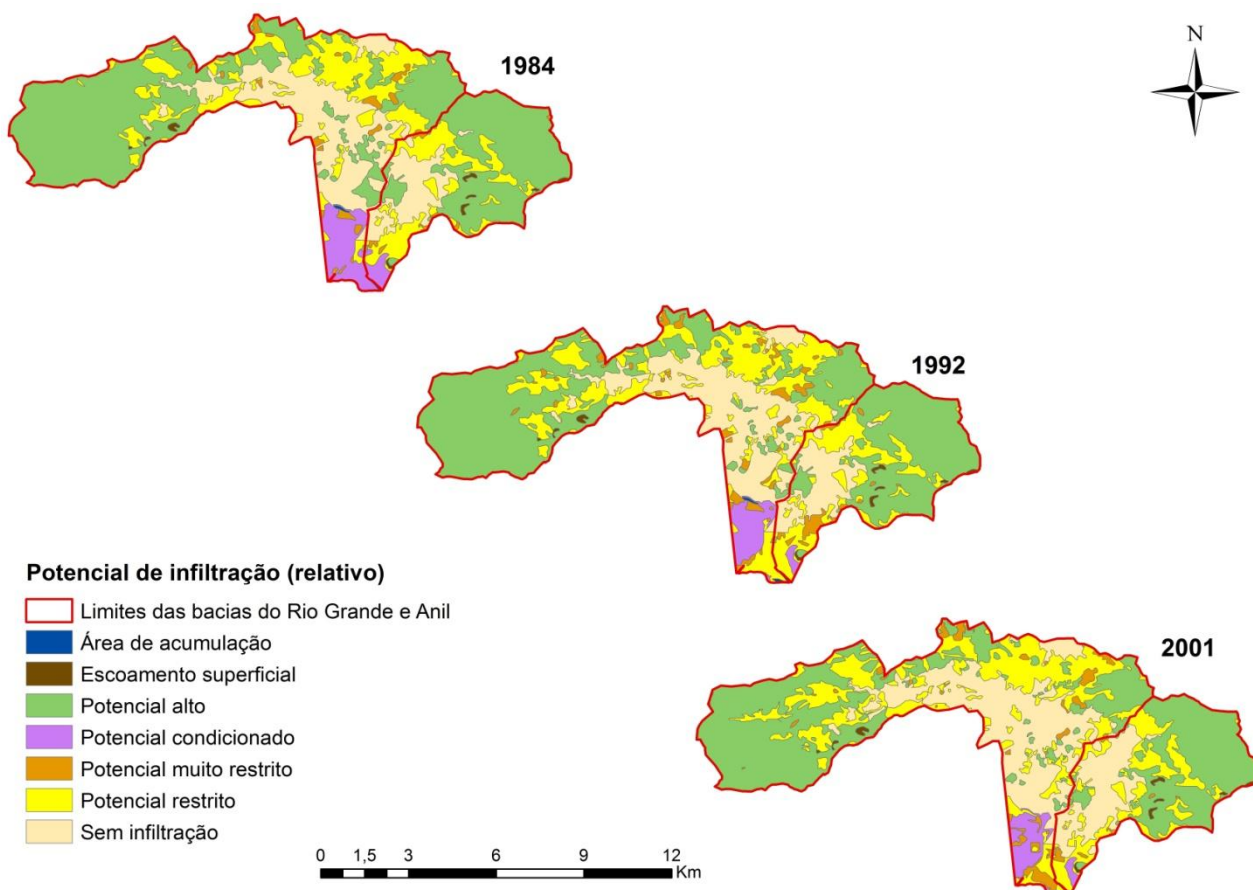


Figura 2. Evolução do potencial de infiltração relativo nas bacias do rio Grande e rio Anil entre os anos 1984, 1992 e 2001. Fonte: Adaptado de CARVALHO, 2017.

Neste sentido, analisando as mudanças espaciais ocorridas ao longo do tempo por meio da comparação dos valores percentuais das áreas obtidas através das tabelas 2 e 3 e do figura 2, pode-se afirmar que em ambas o potencial de infiltração foi reduzido, de uma maneira geral, porém em maior intensidade na bacia do rio Grande do que na bacia do rio Anil, por causa das especificidades dos processos atuantes e das condições ambientais (uso e cobertura da terra) encontradas dentro de seus respectivos limites a partir de 1984.

Análise comparativa de dados recentes entre os percentuais de áreas das bacias com potencial de infiltração

Os resultados dessa análise foram extraídos da interpretação visual das ortofotos de 2013 sobrepostas ao mapa de uso da terra de 2010, o qual foi reclassificado para obtenção dos valores percentuais das classes de potencial de infiltração relativo.

Dessa forma, ao interpretar o mapa 3, sobre o potencial de infiltração para o ano de 2013 foi constatado que as bacias do rio Grande e Anil possuem comportamento semelhante no que tange a participação percentual das classes de potencial de infiltração relativo em relação à área total de cada bacia. Ou seja, a classe com potencial de infiltração alto é o maior valor percentual nas duas bacias, em segundo lugar as áreas sem potencial de infiltração e assim por diante. Entretanto, tais valores são bastante diferentes se comparados entre as duas bacias.

Classes de Potencial de infiltração relativo	Bacia do Rio Anil		Bacia do Rio Grande	
	Área (Km ²)	%	Área (Km ²)	%
Área de acumulação	0,08	0,31	0,2	0,36
Escoamento superficial	0,21	0,83	0,26	0,46
Potencial alto	15,81	63,64	29,87	52,69
Potencial condicionado	0,52	2,11	0,99	1,75
Potencial restrito	0,96	3,86	3,66	6,45
Potencial muito restrito	0	0	0,53	0,93
Sem potencial	7,26	29,25	21,18	37,36
TOTAL	24,84	100	56,69	100

Tabela 4. Comparação dos percentuais das classes de potencial de infiltração relativo das bacias no ano de 2013.

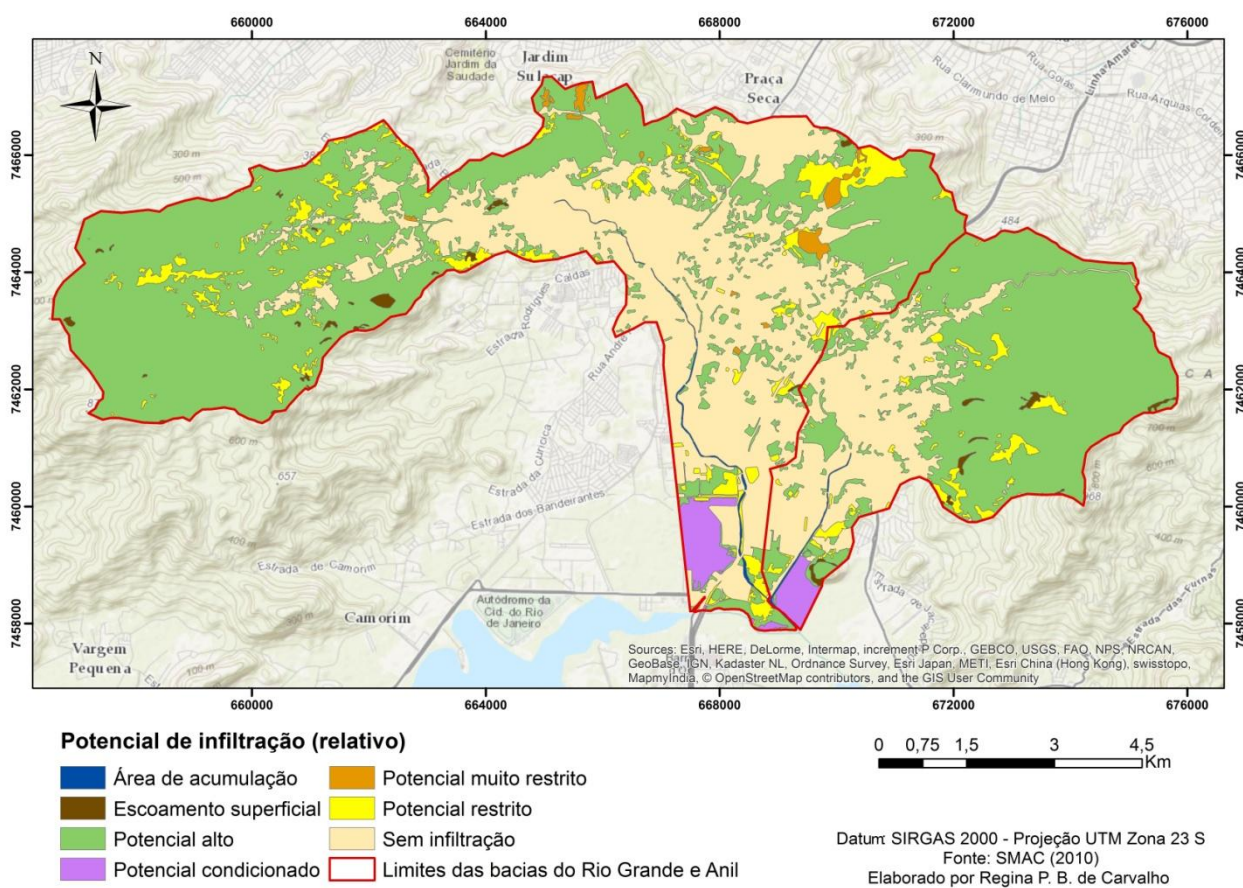


Figura 3. Mapa do potencial de infiltração relativo das bacias do rio Grande e rio Anil em 2013. Fonte: Adaptado de CARVALHO, 2017.

Assim, comparando o potencial de infiltração relativo das duas bacias, de maneira percentual, podemos notar que a bacia do rio Anil possui o maior valor percentual de área com potencial alto, sendo 10% a mais do que na bacia do rio Grande, em contrapartida, o percentual da área com potencial restrito na bacia do rio Grande é quase duas (2) vezes maior do que na bacia do rio Anil.

Na bacia do rio Grande, a área sem potencial de infiltração é percentualmente maior do que na bacia do rio Anil, sendo, aproximadamente, 7% maior.

No que se refere à área com potencial de infiltração muito restrito, não foi identificado essa classe na bacia do rio Anil, o que faz aumentar o potencial de infiltração geral dessa bacia se comparada com a bacia do rio Grande, onde apresenta mais áreas com potencial de infiltração muito restrito.

Em relação às classes de potencial de infiltração condicionado, escoamento superficial e área de acumulação, os valores percentuais entre as duas bacias não apresentaram valores tão discrepantes. Além de representarem uma pequena área das bacias, essas classes são representadas, de uma maneira geral, por terrenos que não são propícios à habitação, como os corpos hídricos, mangues, turfas e os afloramentos rochosos situados em altas altitudes e com declividade acentuada.



Potencial de infiltração alto na bacia do rio Grande; vegetação secundária com serapilheira recobrindo o solo às margens do rio Pequeno, afluente do rio Grande. Fonte: COSTA (2016).



Área com potencial de infiltração muito restrito na bacia do rio Grande. Solo exposto por corte de talude. Fonte: CARVALHO (2015).



Área sem potencial de infiltração (uso urbano) na bacia do rio Grande. Fonte: NASCIMENTO, (2014).

Figura 4. Potencial de infiltração associado aos tipos de cobertura e uso da terra na bacia do rio Grande.



Área com potencial de infiltração alto (vegetação secundária) próxima a Estrada Grajaú-Jacarepaguá, na bacia do rio Anil. Fonte: CARVALHO (2016).



Área sem potencial de infiltração até as margens do canal do Anil devido ao uso urbano, bacia do rio Anil. Fonte: CARVALHO (2016).

Figura 5. Potencial de infiltração associado aos tipos de cobertura e uso da terra na bacia do rio Anil.

Em suma, de uma maneira geral, a bacia do rio Anil possui um potencial de infiltração maior que a bacia do rio Grande, pois apresenta o maior valor percentual de área com potencial alto, o menor valor de áreas sem potencial e não apresenta áreas com potencial muito restrito. Desse modo, citando como exemplo apenas o valor percentual dessas três classes, pode-se concluir que a bacia do rio Anil possui um potencial de infiltração geral maior que a bacia do rio Grande.

CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos é possível afirmar que tanto na análise temporal realizada entre 1984 e 2001 quanto na análise espacial do mapa de 2013, as bacias do rio Anil e rio Grande possuem comportamentos semelhantes tanto em relação às mudanças de potencial de infiltração relativo, quanto na ordem de participação do percentual de cada classe em relação às suas respectivas áreas de abrangência das bacias.

Ao longo do período analisado pode-se observar que em ambas as bacias as áreas com potencial alto de infiltração obtiveram uma redução de área, enquanto as áreas ocupadas pelas classes sem potencial e potencial restrito aumentaram de tamanho. Isso só ratifica o que vem ocorrendo na Baixada de Jacarepaguá desde a década de 70, período na qual se intensificou o processo de urbanização que vem alterando uma parcela significativa da macrobacia da Baixada de Jacarepaguá, além de trazer consequências ambientais ao funcionamento hidrológico (aumento do escoamento superficial e diminuição da infiltração de águas nos solos) que afetam o potencial de infiltração das bacias do rio Anil e rio Grande entre os anos de 1984 e 2001.

Embora tenha sido constatado que as mudanças no uso e cobertura da terra entre 1984 a 2013 nas bacias do rio Anil e rio Grande interferiram no potencial de infiltração de suas áreas, a primeira bacia conseguiu, ao longo do tempo, preservar grande parte das florestas contidas dentro dos seus limites, mantendo assim um alto potencial de infiltração relativo na bacia. Já a segunda bacia apresentou uma mudança no uso e cobertura da terra mais intensa, apresentando uma maior alteração no potencial de infiltração relativo, verificado pelo aumento das classes “sem potencial” e “potencial restrito”.

As áreas com potencial de infiltração condicionado se concentram, em grande parte, na porção sul das duas bacias, próximo a foz dos rios, e também apresentaram comportamento semelhante, com redução de suas áreas entre 1984 e 2001. Em 2013 as áreas ocupadas por essa classe correspondiam a aproximadamente 2% do total da bacia do rio Grande e do rio Anil.

Quanto às áreas com potencial de infiltração muito restrito, o comportamento da classe nas duas bacias foi diferente. Enquanto a bacia do rio Anil tendeu a redução dessa classe, na bacia do rio Grande houve o aumento das áreas ocupadas por ela o período de 1984 a 2001. Em 2013, novamente, há uma diferença de sua representação entre as bacias, pois não há registro de áreas com potencial muito restrito na bacia do rio Anil, enquanto que na bacia do rio Grande há uma área ocupada pela classe de aproximadamente 1% em relação ao total de sua área.

Apesar da intensa ocupação registrada nas últimas décadas, as bacias do rio Anil e rio Grande ainda conservam uma grande área ocupada com potencial de infiltração alto, especialmente nas suas porções mais elevadas, como demonstrado no monitoramento realizado entre os anos de 1984, 1992 e 2001 e no mapa de 2013. Isso permite que haja maior possibilidade de absorção de água pelos solos, mantendo sua umidade, o que é de fundamental importância para o abastecimento do lençol freático e dos corpos d'água locais. Vale destacar que a manutenção das áreas com potencial de infiltração alto nas bacias tem sido garantida devido a existência de áreas protegidas (Unidades de Conservação de uso integral – parques e Áreas de Proteção Permanente - APPs), onde há uma maior fiscalização governamental (Federal, Estadual e/ou municipal) que tende a frear os impactos negativos da pressão antrópica causada pela especulação imobiliária e urbanização intensiva dos bairros da Baixada de Jacarepaguá.

É importante ressaltar o ineditismo da metodologia apresentada no presente estudo em relação aos trabalhos encontrados na bibliografia. E sua aplicação se mostrou eficiente na obtenção dos resultados pretendidos pois ao identificar conceitualmente como ocorre o processo de infiltração nos diferentes tipos de cobertura e uso da terra, foi possível caracterizar e mensurar, qualitativamente e em termos relativos, o potencial de infiltração de cada local. A partir dessa classificação foram identificadas as

áreas com maior e menor capacidade de infiltração, assim como as mudanças espaço-temporais desse potencial, causadas pelas transformações socioambientais, as quais as bacias estão submetidas.

Em relação ao uso das geotecnologias, pode-se afirmar que o uso de tais ferramentas, em especial os Sistemas de Informações Geográficas – SIG, mostraram-se satisfatórias para o cumprimento dos objetivos da pesquisa. Por meio delas foi possível a integração, a manipulação e a quantificação dos dados cartográficos de diferentes naturezas (vetores e raster) e escalas. Assim, ressalta-se a importância do uso dos SIG por serem capazes de responder duas questões distintas: (a) onde a mudança do potencial de infiltração ocorreu e tem ocorrendo atualmente; e (b) qual o total de área e percentagem de mudança (aumento ou redução) abrangido pelas classes de potencial de infiltração nas bacias em determinado tempo (ano). Neste sentido, o uso das geotecnologias foi fundamental para dar conta de atingir a proposta de abarcar, ao mesmo tempo, a análise das mudanças espaciais e temporais do potencial de infiltração relativo que ocorreram nas bacias hidrográficas do rio Anil e rio Grande de 1984 a 2013.

REFERÊNCIAS

- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990. 355p.
- BEZERRA, J. F. R. Reabilitação de áreas degradadas por erosão em São Luís / MA. In: JORGE, M. C. O.; GUERRA, A. J. T. (Org.). **Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas**. 1ed. São Paulo, 2013, v., p. 31-60.
- [BOTELHO, R. G. M.](#); [SILVA, A. S.](#) Bacia hidrográfica e a gestão ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T.. (Org.). **Reflexões sobre a Geografia Física brasileira**. Rio de Janeiro: BCD - União de Editoras S/A - Bertrand Brasil, 2004, v., p. 153-192.
- [BOTELHO, R. G. M.](#) Bacias Hidrográficas Urbanas. In: Antônio José Teixeira Guerra. (Org.). **Geomorfologia Urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011, v., p. 71-115.
- CARVALHO, R. P. B. **Geoindicadores físico-ambientais aplicados na avaliação da conectividade de bacias hidrográficas e seus efeitos em sistemas urbanos: O exemplo das bacias do Rio Grande e do Rio Anil (município do Rio de Janeiro)**. 2017. 272 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2017.
- CARVALHO, R. P. B. **Ocupação dos solos em terrenos marginais às lagoas costeiras: mudanças e perspectivas ambientais frente à expansão urbana – O caso da lagoa de Jacarepaguá (Rio de Janeiro)**. 2013. 155f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2013.

_____. Foto de um corte de talude na bacia do rio Grande, bairro Sulacap, no dia 12/12/2015.

_____. Foto da cobertura vegetal florestal no maciço da Tijuca, bacia do rio Anil, próximo a Estrada Grajaú-Jacarepaguá, dia 8/04/2016.

_____. Foto do rio Anil em meio urbano, no bairro do Anil, dia 12/05/2016.

_____.; COSTA, V. C. Uso de geoprocessamento para identificação de formas de ocupação e uso da terra em áreas suscetíveis a subsidência por recalque na Baixada de Jacarepaguá (Rio de Janeiro). *Revista Equador*, v. 4, p. 814, 2015.

[COELHO NETTO, A. L.](#) Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia. In: Antônio José Teixeira Guerra; Sandra Baptista da Cunha. (Org.). *Geomorfologia: uma revisão de conceitos e bases*. Rio de Janeiro: Bertrand, 2007, v. 1, p. 93-148.

COSTA, V. C. da. Foto ilustrando o uso da terra com cobertura vegetal nas margens do rio Pequeno, maciço da Pedra Branca, dia 10/03/2016.

FILHO, S. C. N. *Caracterização funcional das tipologias vegetacionais da Barra da Tijuca e suas implicações no estabelecimento das compensações ambientais*. 2009. 37 p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

FREITAS, A. M de. *Qualidade das Águas Fluviais: Estudo de Caso da Bacia Hidrográfica de Jacarepaguá – RJ*. 133f. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2009.

FULLEN, M.A.; CATT, J.A. *Soil Management – Problems and Solution*. Oxford: University Press, Oxford, Inglaterra, 2004, 269p.

GONÇALVES, T.D. et al. Metodologia para elaboração de mapas hidrogeológicos: estudo de caso da bacia hidrográfica do rio Palma, DF, Brasil. *Ambi-Água*, Taubaté, v.2, n.2, p. 47-68, 2007.

[GUERRA, A. J. T.](#); [BOTELHO, R. G. M.](#) Características e Propriedades dos Solos Relevantes Para Os Estudos Pedológicos e Análise dos Processos Erosivos. *Anuário do Instituto de Geociências* - UFRJ, Rio de Janeiro, v. 19, p. 93-114, 1996.

INSTITUTO MUNICIPAL DE URBANISMO PEREIRA PASSOS (IPP). *Rede de drenagem da cidade do Rio de Janeiro, gerado pela Fundação Rio Águas e restituída pela Gerencia de Cartografia do Instituto Pereira Passos a partir do aerolevantamento do ano de 2004*. Rio de Janeiro: IPP, 2008. 1 mapa. Escala 1:2.000.

_____. Mapa de microbacias do município do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: IPP, 2000b. 1 mapa. Escala 1:10.000

_____. Ortofotos da Baixada de Jacarepaguá, município do Rio de Janeiro, do ano de 2013, resolução de 10 cm. Rio de Janeiro: IPP, 2013.

MARQUES, J. S. *A Participação dos Rios no Processo de Sedimentação da Baixada de Jacarepaguá*. 245f. Tese de Doutorado em Geografia. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP (Rio Claro), 1990.

_____, J. S. Estruturação do Sistema Ambiental da Baixada de Jacarepaguá. *Geografia*, São Paulo, v. 9, n. 17-18, p. 187-194, 1984.

MENDONÇA, L. A. R; et al. Avaliação da capacidade de infiltração de solos submetidos a diferentes tipos de manejo. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 14, p. 89-98, 2009.

NASA. **Rio de Janeiro: A changing city**. 01/07/2016. Disponível em <<http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=88103&src=eoa-iotd>>. Acesso em: 08 jun. 2016.

NASCIMENTO, P. W. F. **Foto ilustrando o uso da terra urbano no bairro da Taquara**, dia 08/04/2014.

PANACHUKI, E. **Infiltração de água no solo e erosão hídrica**, sob chuva simulada, em sistema de integração agricultura - pecuária. 67 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal da Grande Dourados, 2003.

PAZ, A. R.. **Hidrologia Aplicada**. Disponível em: <http://www.ct.ufpb.br/~adrianorpaz/artigos/apostila_HIDROLOGIA_APLICADA_UERGS.pdf> Acesso em: 14 jan. 2016.

PIROLI, E. L. Mudanças no uso da terra e impactos sobre a infiltração de água em microbacias hidrográficas avaliados com técnicas de geoprocessamento. In: **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE.

RIBEIRO, M. F. **Análise ambiental aplicada à definição da zona de amortecimento no Parque Estadual da Pedra Branca (Município do Rio de Janeiro, RJ), com base em geoprocessamento**. 407f. Tese de Doutorado COPPE/UFRJ, 2014.

_____, M. F.; COSTA, V. C. da; NETO, M. N.; FREITAS, M. A. V. An Analysis of monthly Rainfall and Its Relationship to the Occurrence of Mass Movement and Flooding in Pedra Branca Massif in the City of Rio de Janeiro. **Geographical Research**, versão on line, 2013. Disponível em <<http://www.ivig.coppe.ufrj.br/noticias/Documents/An%20Analysis%20of%20Monthly%20Rainfall.pdf>>. Acesso em 05 out. 2014.

SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE - SMAC. Prefeitura. **Mapa de Uso dos Solos e Cobertura Vegetal do Município do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: SMAC, 1984. 1 mapa. Escala 1:50.000.

_____. Prefeitura. **Mapa de Uso dos Solos e Cobertura Vegetal do Município do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: SMAC; 1992. 1 mapa. Escala 1:50.000.

_____. Prefeitura. **Mapa de Uso dos Solos e Cobertura Vegetal do Município do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: SMAC; 2001. 1 mapa. Escala 1:50.000.

_____. Prefeitura. **Mapa de Uso dos Solos e Cobertura Vegetal do Município do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: SMAC; 2010. 1 mapa. Escala 1:10.000.

_____. Prefeitura. **Mapeamento e caracterização do uso das terras e cobertura vegetal no município do Rio de Janeiro entre os anos de 1984 e 1999**. Rio de Janeiro: SMAC, 2000 a. 75 p.

SILVA, I. C. da. Estudo da capacidade de infiltração de água diante de diferentes usos do solo no município de Itapororoca/PB. **Revista Geonorte**, Edição Especial, Amazonas, v. 1, n. 4, p. 648 – 662, 2012.

STUDART, T. M. C. **Notas de Aula - Hidrologia Aplicada**. Disponível em: <<http://www.construcao civil.info/download/Notas%20de%20Aula%20-%20Roteiro%20Organizado%20de%20Hidrologia.pdf>> Acesso em: 04 mar. 2016.

TUCCI, C.E.M. **Gestão das Inundações Urbanas**. Disponível em: <<http://amazonia.fiocruz.br/arquivos/category/56-especializacao-em-saude-ambiental?>>. Acesso em: 24 nov. 2015.