



EFEITO DA OCUPAÇÃO URBANA NA DRENAGEM DA BACIA DO RIO FARIA-TIMBÓ, RJ

Renata Coura **BORGES**¹, Paloma da Conceição **VIEIRA**², Francisco Fernando Lamego **SIMÕES FILHO**³, Celso Marcelo Franklin **LAPA**⁴

(1- Instituto de Engenharia Nuclear / Doutora em Geoquímica Ambiental, renatacouraborges@hotmail.com, 2- Instituto de Engenharia Nuclear / Bolsista de Iniciação Científica, paloma.c.vieira@gmail.com, 3- Instituto de Engenharia Nuclear / Pesquisador Titular da Comissão Nacional de Energia Nuclear, flamego@ien.gov.br, 4- Instituto de Engenharia Nuclear / Pesquisador Titular da Comissão Nacional de Energia Nuclear, lapa@ien.gov.br)

Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da ocupação urbana na drenagem da Bacia do Rio Faria-Timbó. Para tanto, foi realizada uma investigação sobre a Bacia do Rio Faria-Timbó localizada no Rio de Janeiro, RJ. A dinâmica demográfica de ocupação foi avaliada em meio digital, por meio de mapas de urbanização. A partir dessas informações o modelo do Soil Conservation Service (SCS) foi empregado para conversão chuva-vazão. Para construção do hidrograma foi utilizado o método Bureau of Reclamation. Os resultados demonstram que a condição natural da bacia é susceptível a inundação e a ocupação urbana agrava ainda mais o problema.

Palavras-chave: Dinâmica demográfica, Drenagem urbana, ArcGIS.

Abstract

THE EFFECT OF URBAN OCCUPATION IN THE DRAINAGE OF BASIN OF FARIA-TIMBÓ RIVER, BRAZIL

Artigo recebido para publicação em 13 de junho de 2012

Artigo aprovado para publicação em 03 de Dezembro de 2012



The main aim of the paper was to evaluate the effect of urban occupation in the drainage basin of Faria-Timbó River. For this, we carried out an investigation into the Faria-Timbó River located in Rio de Janeiro, RJ. The population dynamics of occupation was assessed in digital media, through maps of urbanization. From this information the model of the Soil Conservation Service (SCS) was used to convert rainfall-runoff. For construction of the hydrograph was used Bureau of Reclamation method. The results showed that the natural condition of the basin is prone to flooding and urban occupation exacerbates the problem.

Key words: Demographic dynamics, Urban drainage, ArcGIS.

Resumen

EFFECTO DE LA OCUPACIÓN URBANA EN LA CUENCA DEL RIO FARIA-TIMBO, BRASIL

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la ocupación urbana en la cuenca del río Faría-Timbo. Se realizó una investigación sobre la cuenca del río Faría-Timbo situado en el estado de Rio de janeiro, Brasil. La dinámica demográfica de la ocupación se evaluó en medios digitales, a través de mapas de la urbanización. De propiedad de los datos se empleó el modelo del servicio de conservación de suelos (SCS) para convertir lluvia-flujo. Para la construcción del método del hidrograma se utilizó, Bureau of Reclamation. Los resultados muestran que la condición natural de la cuenca es susceptible a inundaciones y la ocupación urbana exagera el problema.

Palabras clave: dinámica demográfica, drenaje urbano, ArcGIS.

1. INTRODUÇÃO

Bacias hidrográficas têm sido envolvidas pelo crescimento de cidades, particularmente pela ocupação indevida de suas planícies de inundação, resultando em modificações significativas na cobertura do solo. Uma das respostas a esta “agressão ambiental”, é a ocorrência de inundações mais frequentes e catastróficas, como resultante da alteração da relação chuva x escoamento superficial das águas pluviais (MORUZZI et al., 2007).



Atividades antrópicas relacionadas ao uso da terra, como a remoção da vegetação, desmatamento, emprego de práticas agrícolas indevidas, construção de prédios e urbanização interferem e modificam o comportamento da bacia hidrográfica. Essas atividades, mesmo realizadas fora da área dos canais, estendem-se para a bacia, acarretando em consequentes transformações na drenagem dos rios.

A ocupação das áreas associadas à Baía de Guanabara foi um processo que não seguiu uma sequência racional e planejada. Como reflexo, ao longo dos anos o crescimento urbano desordenado, aliado às alterações no contorno das ilhas e da área continental, vem causando rápidas transformações nesses ecossistemas, tornando algumas áreas da bacia propensas a inundações e ainda causando perturbações no sistema hidrodinâmico das correntes de maré (INEA, 2003).

Sendo assim, o trabalho apresenta um diagnóstico da ocupação urbana na drenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Faria-Timbó, cuja foz acontece no Sudoeste da Baía de Guanabara na Região da Ilha do Fundão, Rio de Janeiro-RJ.

2. MÉTODOS

Os mapas da Bacia do Faria-Timbó apresentados foram elaborados no programa ArcGis 10, a partir de shapefiles secundários obtidos na Comperj. Para tanto foi utilizada a ferramenta clip e intersect deste programa com o objetivo de selecionar a bacia de interesse.

Os gráficos apresentados foram desenvolvidos no programa Excel do Office 2010, os dados utilizados para geração são provenientes do Relatório da Agencia Nacional de Águas (INEA, 2003).

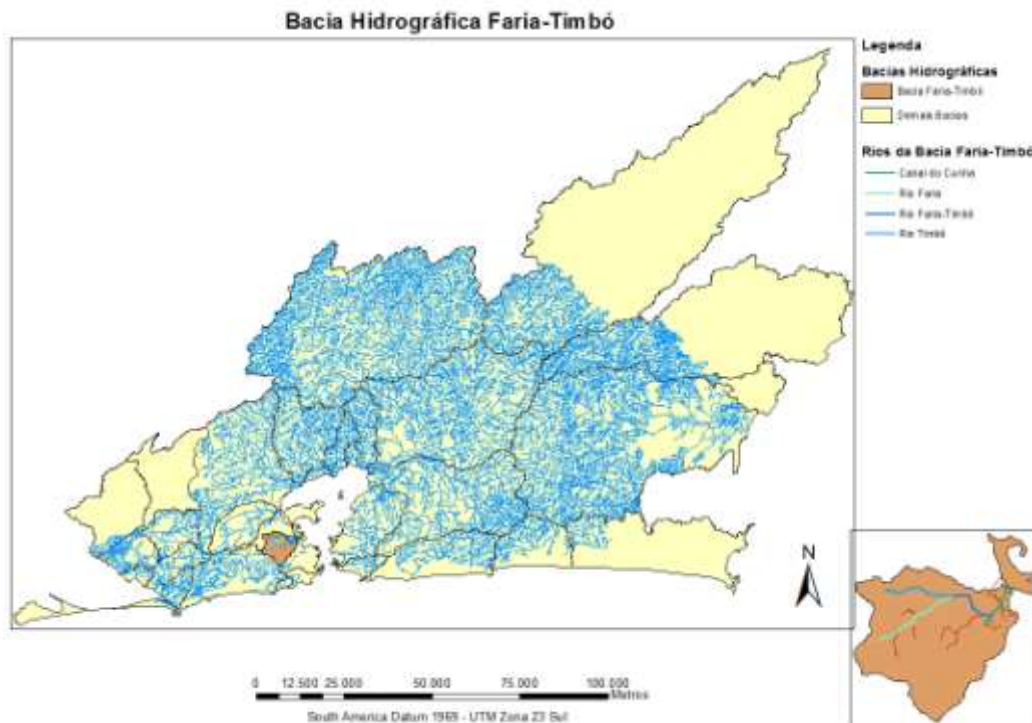
2.1. CARACTERÍSTICAS NATURAIS DA BACIA DO RIO FARIA-TIMBÓ

A bacia do Rio Faria-Timbó caracteriza-se por topografia suave, visto que se encontra sobre sedimentos holocênicos vinculados ao gráben da Guanabara, cuja litologia é constituída basicamente por gnaisses, granitos e migmatismo deformados durante o ciclo Brasileiro por esforços orogênicos (RADAMBRASIL, 1983 apud INEA, 2003).

A área de estudo está localizada no município do Rio de Janeiro entre os paralelos 22° 51' e 22° 55' Sul e os meridianos 43° 15' e 43° 20' Oeste, compreende uma área total de 62,85 km², correspondendo a aproximadamente 2% do total da área continental de contribuição à Baía de Guanabara, esta área apresenta um alto índice de urbanização, e significativa porcentagem de população de baixa renda.

A bacia é de 3^a ordem, caracterizando-se como uma microbacia e possui formato arredondado com sua área inteiramente abrigada pelo município do Rio de Janeiro (mapa 1). É limitada ao norte pela Serra da Misericórdia; ao Sul pelo Maciço da Tijuca; a leste, principalmente, pelo divisor da Bacia do Canal do Mangue e a oeste com as Bacias dos Rios São João do Meriti e Irajá. Seu principal formador tem 13 km de extensão e desloca-se de O-L, chama-se Rio Farias. A foz acontece a Sudoeste da Baía de Guanabara no região da Ilha do Fundão.

Mapa 1: Bacia Hidrográfica do Rio Faria-Timbó.



Fonte: Elaboração própria (dados Agência Nacional de Águas), 2012.



Os formadores do Rio Farias, se encontram na Serra dos Pretos Forros, um dos setores do Maciço da Tijuca, com cotas que atingem os 400 m. Estas aéreas protegidas pelo Parque Nacional da Tijuca contam com florestas secundárias em bom estado e mantêm uma rede complexa de canais, apresentando um forte controle estrutural que condiciona uma alta densidade de drenagem com padrão variável entre dendrítico e treliça. No entanto, a rede de drenagem não preserva qualquer traço das condições naturais no médio e baixo curso passando a correr em canais retificados completamente urbanizados (INEA, 2003).

Na área da bacia avaliada ocorrem quatro classes principais de solo, sendo estes: Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico, Argissolo Amarelo Distrófico, Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico e Gleissolo Tiomórfico Hístico Salino Sódico.

O Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico apresenta alta saturação por bases. Possui textura binária média/argilosa e média/muito argilosa responsáveis pela coesão e alta plasticidade, pegajosidade. Este tipo de solo ocorre nos formadores do rio principal da bacia, onde o relevo encontra-se na fase forte ondulado e ondulado, por essa razão sendo classificados como de alta a muito alta susceptibilidade a erosão.

O Argissolo Amarelo Distrófico apresenta baixa saturação por base. Possui uma textura média/argilosa com predomínio da caulinita. Este tipo de solo ocorre no médio curso da bacia, onde o relevo varia de ondulado a suave ondulado e mais raramente plana, por essa razão apresenta uma susceptibilidade à erosão que vai de média a baixa.

O Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico apresenta baixa saturação por bases e alto grau de intemperismo. Possui textura média/argilosa. Este tipo de solo é a classe mais representativa espacialmente que ocorre nos formadores do rio principal da bacia, onde o relevo encontra-se na fase forte ondulado e ondulado, devido essas características a susceptibilidade a erosão varia de média a alta.

O Gleissolo Tiomórfico Hístico Salino Sódico apresenta materiais sulfídricos, sódio e sais em excesso. Ocorrem em áreas de influência marinha. Possuem textura argilosa/muito argiloso. Constituem um ambiente de alta fragilidade ambiental. Este tipo de solo ocorre no baixo curso da bacia, onde o relevo é plano, apresentando baixa susceptibilidade à erosão.

Nesta bacia o estudo de recursos hídricos de superfície e a análise do uso dos solos forneceram informações de utilidade para a avaliação da disponibilidade hídrica, mas também para avaliação da condição de geração de inundações.

Os rios contribuintes da bacia em estudo apresentam trecho superior com acentuada declividade, alta pluviosidade e regime fluvial torrencial. Os trechos médios e inferiores se desenvolvem sobre planície, onde os rios têm baixa velocidade de escoamento (mapa 2). Além disso, na região da planície a ocupação urbana é intensa e atinge um nível de 84% de ocupação (INEA, 2003).

Mapa 2: Cotas da Bacia do Rio Faria-Timbó.



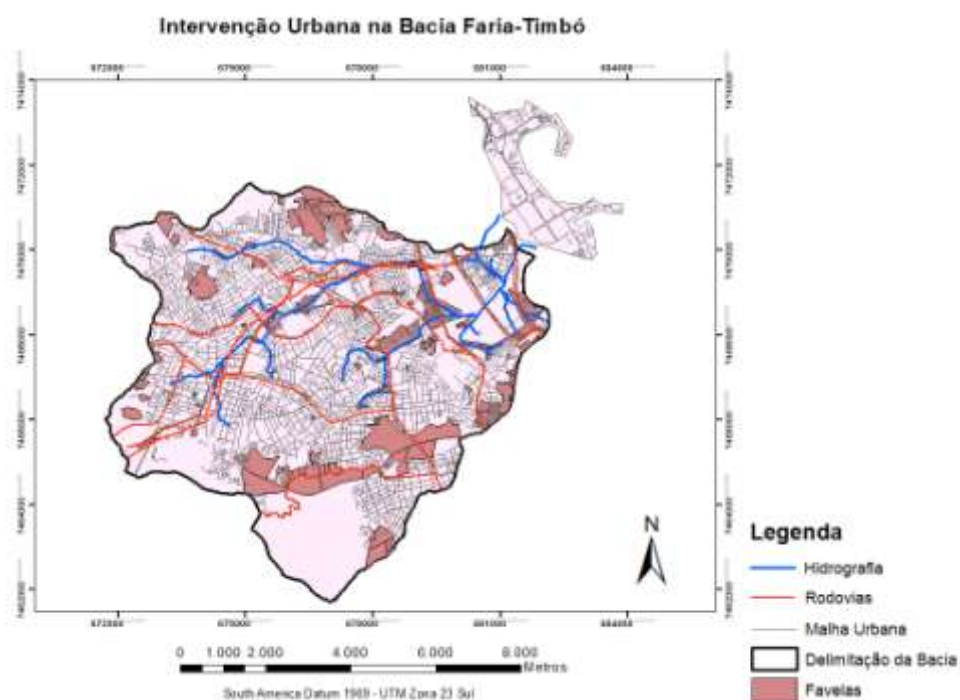
Fonte: Elaboração própria (dados Agência Nacional de Águas), 2012.

2.2. OCUPAÇÃO URBANA E ASPECTOS HIDROLÓGICOS

A transição abrupta de declividade entre os trechos fluvial superiores influencia na velocidade de escoamento; a ocupação desordenada da área marginal ocasiona o estrangulamento da calha do rio; juntamente com o lançamento de dejetos e assoreamento no leito do rio constituem os principais fatores de ocorrência de inundações na área de baixada (Canholi, 2005).

Segundo SERLA (1987 apud INEA, 2003) na bacia do Rio Faria-Timbó encontram-se seis pontos críticos sujeitos a inundação, devido os seguintes critérios: pontes e travessias subdimensionadas, seções de vazão insuficientes ou estranguladas, acúmulo de assoreamento ou resíduos sólidos e traçado inadequado ou curva acentuada (mapa 3).

Mapa 3: Mapa da malha urbana no em torno da Bacia do Rio Faria-Timbó.



Fonte: Elaboração própria (dados Instituto Pereira Passos), 2012.

A bacia de drenagem do Rio Faria-Timbó compõe um território com área aproximada de 62,85 km² e perímetro aproximado de 37,01 km.

O índice de forma e o índice de compacidade (Christofolletti, 1980) calculado na bacia do Rio Faria-Timbó são de respectivamente, 0,36 e 1,28 fato bastante relevante que implica numa área mais circular e, portanto mais sujeita a picos de enchente, pois o tempo de concentração é menor (128,3 min), e, além disso, fica mais fácil uma mesma chuva intensa abranger toda bacia.

Sua densidade de drenagem é de 0.54 km/km² (Christofoletti, 1980), comparando o resultado encontrado com a tabela 1 desenvolvida por Christofoletti, (1969 apud Silva et al., 2003) pode-se interpretar que a bacia hidrográfica do Rio Faria-Timbó possui uma baixa densidade de drenagem, apesar disso os elevados índices de ocupação urbana na área que diminuem o índice de infiltração e as mudanças fisiográficas provocadas pela construção de aterros acarretam num comportamento inverso ao esperado, promovendo o aumento do coeficiente de escoamento superficial de 0,74.

Tabela 1 – Classes de interpretação para os valores da densidade de drenagem.

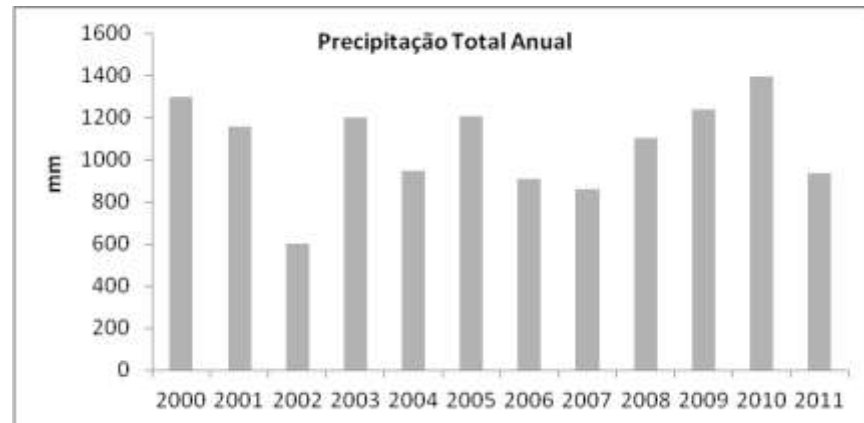
Classes de Valores (km (km ²) ⁻¹)	Interpretação
Menor que 7,5	Baixa densidade de drenagem
Entre 7,5 e 10	Média densidade de drenagem
Maior que 10	Alta densidade de drenagem

Fonte: Christofoletti (1969 apud Silva et al., 2003)

Dessa forma, é possível afirmar que as características naturais lito-pedológicas da bacia associadas à densidade de drenagem, indicam pouca probabilidade de ocorrência de problemas de drenagem. Contudo a intervenção direta no médio e baixo curso da bacia proporcionou um incremento das vazões escoadas, diminuindo o tempo de concentração e aumentando os problemas de inundações à jusante, agravados pela crescente urbanização e impermeabilização da área.

Do ponto de vista climático, a área de estudo caracteriza-se conforme a classificação de Köppen como Tropical quente e úmido caracterizado por verões chuvosos e invernos mais secos. Dados pluviométricos foram obtidos, e constituem uma série histórica que abrange de 2000 a 2011. Os dados pluviométricos foram obtidos na Estação 02243271, localizada no bairro de São Cristóvão na cidade do Rio de Janeiro (gráfico 1).

Gráfico 1: Série histórica de dados pluviométricos da Estação de São Cristóvão.



Fonte: Elaboração própria (Dados: Rio-Águas), 2012

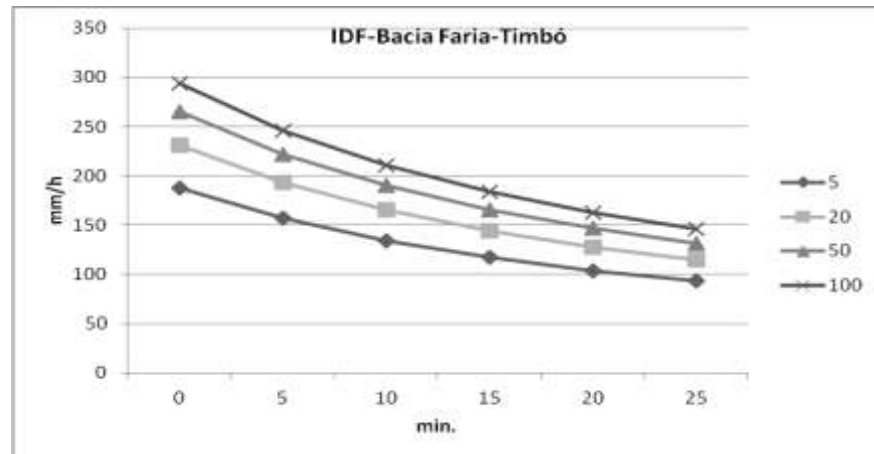
De acordo com a metodologia foi utilizada a equação de chuvas intensas para Benfica, segundo a Rio-Águas (2010), conforme abaixo (gráfico 2).

$$I = \frac{7032 \times T^{0,15}}{(I + 29,6)^{1,141}}$$

Onde:

I= intensidade de chuva em (mm.h-1), T= tempo de retorno (anos).

Gráfico 2: Chuva I.D.F. obtida para o bairro de São Cristóvão-RJ por meio da obtenção de médias máximas, de ajuste de função de densidade de probabilidade e de regressão não linear.



Fonte: Elaboração própria, 2012.

A equação de chuvas intensas foi utilizada para geração de hidrogramas para os tempos de retorno (T) 20, 50 e 100 anos com duração de chuva de 2 horas.

2.3. AVALIAÇÃO DA CONDIÇÃO ATUAL E CENÁRIO DE PRÉ-OCUPAÇÃO NOS HIDROGRAMAS DE CHEIA DA BACIA

A construção do hidrograma unitário foi obtida por meio do algoritmo do Soil Conservation Service – SCS (2004) para seis intervalos de tempo de 288s, e basei-se no Método do Bureau of Reclamation (METHODS and DURRANS, 2003) que consiste em três etapas: discretizar o tempo de concentração em intervalos de tempo iguais e para cada intervalo calcular a precipitação correspondente através das equações I.D.F.; determinar os incrementos de chuva correspondentes a cada incremento de duração; rearranjar os incrementos de chuva do seguinte modo 6-4-3-1-2-5 (TUCCI, 1993).

As equações abaixo apresentam o algoritmo para obtenção da vazão excedente.

$$Q = \frac{(P - 0,2 S)^2}{(P + 0,8 S)}$$

Onde:

P= precipitação , S= potencial máximo de armazenamento do solo.

$$S = \frac{25400 - 254}{CN}$$

Onde:

CN varia entre 0 para condutividade hidráulica infinita, e 100, para uma bacia totalmente impermeável.

3. RESULTADOS

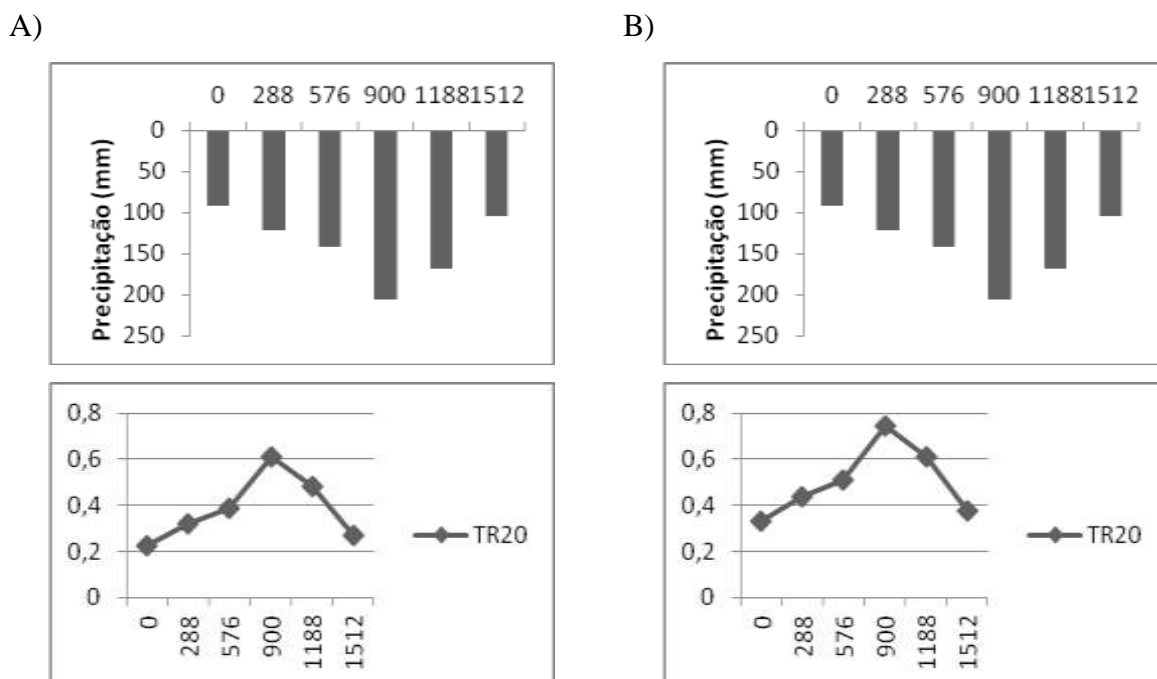
A avaliação restringiu-se a obtenção do hidrograma obtido pela transformação chuva-vazão utilizando o método SCS para separação do escoamento.

Foram avaliados dois cenários a pré-ocupação da bacia, cujo pico de vazão ocorreu em torno de $0,6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ nesta situação o CN utilizado foi 80 devido às características dos solos da região (gráfico 3).

Para a área da bacia já urbanizada utilizou-se o valor do CN ponderado em torno de 92. Este valor está associado ao elevado índice de ocupação urbana 84%, qual alterou drasticamente a ocupação do solo e sua impermeabilização. Entretanto, o pico de vazão ficou em torno de 0,75 não mostrando uma acentuada diferença quando comparado com o cenário de pré-ocupação. Este fato provavelmente está associado às características físicas do solo da região principalmente a textura argilosa dos mesmos, que indica uma área de maior susceptibilidade a enchentes.

Fica evidente, pela análise dos resultados apresentados, que a ocupação urbana desordenada são responsáveis pelo agravamento do problema de cheias da Bacia do Rio Faria- Timbó, porém as condições naturais dessa bacia já indicam propensão a cheias.

Gráfico 3: Hidrograma resultante do cenário de pré-ocupação (A) e do cenário atual da Bacia do Faria-Timbó (B).



Fonte: Elaboração própria, 2012.

4. CONCLUSÕES

- A Bacia do Rio Faria-Timbó apresenta condições naturais de solo e morfologia susceptíveis a enchentes;
- A topografia, juntamente com a densidade de drenagem e o índice de compacidade da bacia indicam que era provável ter problemas de cheias no cenário de pré-ocupação.
- A urbanização promoveu um pequeno incremento nas vazões escoadas e conseqüente agravamento do problema de cheias.
- As vazões de pico sofreram incremento pequeno quando comparados à condição de pré-ocupação e a condição atual para uma chuva de 20 anos de recorrência com duração de 2 horas.



5. REFERÊNCIAS

ANHOLI, A. P. *Drenagem urbana e controle de enchentes*. Oficina dos Textos. São Paulo. 301 p. 2005.

CHRISTOFOLETTI, A. *Análise morfométrica de bacias hidrográficas*. Notícia Geomorfológica. V. 18, n. 9. P. 35-64. 1969.

CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. São Paulo. Editora Edgard Blücher/EDUSP. 150 p. 1980.

GEORIO. Rio de Janeiro. *Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro*. Disponível em: <http://www0.rio.rj.gov.br/alertario/?page_id=139>. Acesso em: 10 de Janeiro de 2012.

INEA. Rio de Janeiro. *Instituto Estadual do Ambiente*. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/recursos/downloads/comite_baia_guanabara_plano_bacia_volume_1.pdf>. Acesso em: 10 de Agosto de 2011.

METHODS, H.; DURRANS, S. R. *Sormwater conveyance modeling and desing*. First Edition, Waterbury, USA: Haestad Press. 2003.

MORUZZI, R. B.; PINTO, S. dos A. F.; ROSSETTI, L. A. F. G.; PEREIRA, L.H.; BERMUDEZ, M.; BARBOSA, C. *Contribuição metodológica para caracterização de áreas potenciais de inundação em uma bacia hidrográfica urbanizada, com o suporte de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento*. In: XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. São Paulo. 2007

RADAMBRASIL. *Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra*. MME Rio de Janeiro/Vitória 780 p. 1983.

RIO DE JANEIRO (Estado). Secretaria Municipal de Obras, Subsecretaria de Gestão de Bacias Hidrográficas – Rio-Águas. *Instruções Técnicas para Elaboração de Estudos Hidrológicos e Dimensionamento Hidráulico de Sistemas de Drenagem Urbana*. Rio de Janeiro: Rio-Águas, 60p. 2010.

SILVA, A. M. et al. *Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas*. São Carlos: RiMa. 140 p. 2003.

SOIL CONSERVATION SERVICE (2004) – *Estimation of direct runoff from storm rainfall*. National Engineering Handbook, Chapter 10. Department of Agriculture, Washington, DC.

TUCCI, C. E. M. *Hidrologia ciência e aplicação*. 3ed. Porto Alegre, RS: Editora da UFRGS/ABRH. 943p. 1993.