



I-066 - ANÁLISE DAS MUDANÇAS DO USO DO SOLO E SUAS CONSEQUÊNCIAS NA VAZÃO POR MEIO DO MODELO HEC-HMS: ESTUDO DE CASO DA BACIA DO CAMPUS DA UFSC

Hermínio Elias Mulungo⁽¹⁾

Geógrafo pela Universidade Eduardo Mondlane (Moçambique). Mestrando em Engenharia Ambiental pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental (PPGEA/UFSC).

Cláudia Weber Corseuil

Professora do Centro de Engenharias da UFPel, Eng^a Florestal, Mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Doutora em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP).

Masato Kobiyama

Professor do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSC. Especialista em Controle de Erosão pela Universidade de Kyoto, Japão. Mestre em Ciências Florestais pela Universidade de Agricultura e Tecnologia de Tóquio, Japão. Doutor em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná (UFPR).

Leonardo Romero Monteiro

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela UFSC. Mestrando do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Endereço⁽¹⁾: Universidade Federal de Santa Catarina - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - Laboratório de Hidrologia (LabHidro) - Caixa Postal 476 – CEP 88040-900 - Campus Universitário – Trindade – Florianópolis – SC – tel.: (48) 3721-7749 - e-mail: bidjors@gmail.com

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo analisar as mudanças do uso e ocupação do solo e as suas consequências na vazão do rio do Meio, que é o rio principal da Bacia Hidrográfica do Campus da UFSC, Florianópolis/SC, utilizando o modelo HEC-HMS. O modelo foi calibrado e validado para 2 eventos observados. Os resultados mostram um bom ajuste entre os hidrogramas observados e simulados na exutória da bacia, um índice de eficiência Nash-Sutcliffe de 0,936 na calibração e 0,906 na validação. Também foi aplicado o erro médio quadrático onde se obteve 0,999 na calibração e 0,964 na validação. Após a calibração e validação, o modelo foi aplicado para avaliar cenários de uso e ocupação solo de 1998 e 2007, para período de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos. Os resultados indicam aumento de 27% da vazão de pico e 26% no volume escoado, que é explicado pelas mudanças de uso e ocupação do solo, principalmente devido ao aumento de áreas construídas de 15%, obtidos na análise temporal.

PALAVRAS-CHAVE: Urbanização, Enchentes, HEC-HMS, bacia do Campus da UFSC.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, muitas cidades brasileiras têm passado por um processo acelerado de mudanças no seu sistema urbano, caracterizado por um crescimento populacional em ritmo mais acentuado do que o da população rural, devido às precárias condições no campo e oportunidades de empregos na indústria, no comércio e nos serviços. Esse processo faz parte da urbanização e, muitas vezes, tem sido realizado de maneira desordenada, sem um sistema de planejamento de bacias hidrográficas, o que origina inúmeros problemas socioambientais, fortemente associados às inundações. Esses problemas são comumente encontrados em Florianópolis no estado de Santa Catarina.

Bez *et al.* (1999) afirmaram que obras de drenagem subdimensionadas e de manutenção deficiente ou inexistente contribuem para este tipo de problema.

Em função do seu relevo e de sua ocupação desordenada, a bacia do Campus da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), localizada em Florianópolis, teve seu tempo de concentração reduzido, favorecendo a ocorrência de inundações (SANTOS, 2003; KOBİYAMA *et al.*, 2006).

Adicionalmente, a bacia acima mencionada sofre acelerado processo de urbanização associado ao acréscimo de inundações no rio do Meio (canal principal da mesma). Desta forma é de extrema importância o estudo das mudanças do uso do solo e as suas consequências na vazão desse rio, com base nos conhecimentos técnicos relativos aos processos naturais atuantes na bacia.

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo analisar as mudanças do uso do solo e suas consequências na vazão do rio do Meio, que é o rio principal da bacia hidrográfica do Campus da UFSC - Florianópolis/SC - por meio do modelo HEC-HMS (*Hydrologic Modeling System*) desenvolvido por USACE-HEC (2000).

MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo foi a bacia hidrográfica do Campus da UFSC (4,5 km²), inserida na bacia do Itacorubi (25 km²), localizada na região centro-oeste da Ilha de Santa Catarina. Seu sistema de drenagem natural é formado pelo rio do Meio e seus afluentes, os rios Serrinha, Pantanal, Cesar Seara, Eletrosul e Carvoeira (Figura 1).

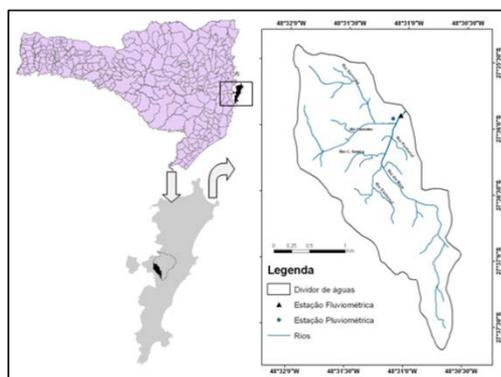


Figura 1: Localização da bacia do Campus da UFSC

A bacia do Campus da UFSC é uma bacia de terceira ordem, segundo a hierarquização de Strahler. O rio principal, denominado de rio do Meio, possui aproximadamente 4,0 km de comprimento e uma declividade de 0,0893 m.m⁻¹, com escoamento na direção de sul para norte, desde a cabeceira (360 m de altitude) até a exutória da bacia (altitude de 3 m) que deságua no manguezal do Itacorubi.

DADOS HIDROLÓGICOS

O presente trabalho utilizou os dados de precipitação e de vazão obtidos no sistema de monitoramento hidrológico da universidade que consiste nos postos pluviométrico e fluviométrico da bacia do Campus da UFSC (Figura 1), no período de junho de 2010 a fevereiro de 2011. Dos dados obtidos, foram selecionados dois eventos para a calibração e validação do modelo HEC-HMS.

A precipitação de projeto foi determinada através da equação de chuvas intensas proposta por Back (2002) para a cidade de Florianópolis, uma vez que a área de estudo possui um período de observações de apenas um ano. Para o estudo foram adotados os períodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos. Para definir adequadamente a variação temporal da precipitação, foi utilizado o método dos Blocos Alternados, com o tempo de duração de 35 minutos e intervalos de 5 minutos. Este tempo de duração foi escolhido por coincidir com o tempo de concentração da bacia até o ponto de medição de vazão de até 35 minutos de acordo com Kobiyama *et al.* (2006).

DADOS ESPACIAIS

Para o estudo foram utilizados os seguintes dados cartográficos: (i) mapa do levantamento de solos do município de Florianópolis (1:50000) (FLORIANÓPOLIS, 1991); (ii) cartas planialtimétricas do campus da UFSC (1:2000) com curvas-de-nível interpoladas de 1 em 1 metro; (iv) fotografias aéreas na escala 1:5.000 e



1:15.000, obtidas a partir dos levantamentos aerofotogramétricos realizados em 1998 e 2007, respectivamente, e georreferenciadas em coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator), datum SAD-69. Esses dados foram disponibilizados pelo Instituto de Planejamento Urbano Florianópolis.

O modelo digital do terreno (MDT) usado para representar a topografia da área de estudo foi gerado a partir dos dados das curvas de nível e da rede de drenagem pelo método de interpolação, disponível no módulo *Topo To Raster* do ArcGis 9.3, desenvolvido especialmente para gerar modelos digitais de elevação hidrológicamente corretos, baseados no algoritmo ANUDEM proposto por Hutchinson (1993). Foi adotada a resolução espacial de 1 m.

Para a caracterização do uso e ocupação do solo da bacia foram utilizadas fotografias aéreas de 1998 (escala 1:15000) e 2007 (escala 1:5000). Na fase da geração do mapa de uso e ocupação do solo foi utilizado o *software* SPRING versão 5.0.6, disponibilizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

O processamento das fotografias foi realizado pelo método de segmentação por crescimento de regiões e posterior classificação supervisionada. As imagens foram segmentadas utilizando os limiares de similaridade e de área de 25 e 80 para a imagem de 1998, e de 35 e 150 para a imagem de 2007, sendo que esta apresentou melhor distinção os alvos urbanos. O método de classificação supervisionada foi o Bhattacharya, com limiar de aceitação de 99,9%.

As classes de uso e ocupação foram definidas com base na tabela de valores de CN (*Curve Number*) para áreas urbanas conforme Tucci (1998): (1) áreas construídas; (2) vegetação densa; (3) vegetação rala (4) espaços abertos (áreas verdes de lazer, terrenos baldios), (5) solo exposto. Os mapas de uso e ocupação do solo foram elaborados com resolução espacial de 3 m.

APLICAÇÃO DO MODELO HEC-HMS

O modelo HEC-HMS é um modelo matemático discreto, concentrado, empírico/conceitual e determinístico, e disponibilizado gratuitamente no endereço www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/. Esse modelo foi desenvolvido com objetivo de simular o processo de chuva-vazão em bacias hidrográficas rurais e urbanas, sendo um substituto das versões anteriores especializadas do HEC-1 (USACE-HEC, 2000).

Para simular o processo de chuva-vazão o modelo HEC-HMS utiliza diferentes métodos que calculam: (i) a infiltração de água no solo; (ii) o escoamento direto (superficial e sub-superficial); (iii) o escoamento de base; e (iv) o fluxo canal (BEIGHLEY, *et al.*, 2003). No presente estudo, o método Curva Número do SCS (CN) foi escolhido para estimar precipitação excedente. A transformação da precipitação excedente para escoamento superficial foi realizada utilizando método Hidrograma Unitário Clark; o escoamento de base foi calculado pelo método de recessão exponencial; e a propagação da onda no canal pelo método Muskingum. Uma descrição mais detalhada do modelo HEC-HMS encontra-se em USACE-HEC (2000).

Para calcular os parâmetros de entrada no modelo e estabelecer um banco de dados morfométricos e hidrológicos da área de estudo foi utilizada a ferramenta HEC-GeoHMS 5.0.0 do HEC-HMS 3.5, integrada ao ArcGIS 9.3. Esta ferramenta permitiu dividir a bacia em sub-bacias e determinar as características como: direção do fluxo (Fdr); fluxo acumulado (Fac); área de sub-bacias (A); comprimento total do canal (L); declividade do canal principal (S_0), conforme descrito em Olivera e Maidment (1998).

O tempo de concentração foi determinado pela Equação de Kirpich:

$$t_c = 3,989 \frac{L^{0,77}}{S^{0,385}} \quad (1)$$

onde t_c é o tempo de concentração (horas); S é a declividade ($m.m^{-1}$); e L é o comprimento do rio principal (km).

O coeficiente de armazenamento foi calculado com base na Equação 2 proposta por Dooge (1973).

$$R = 80,7 A^{0,23} J^{-0,70} \quad (2)$$

onde R é a constante de armazenamento (horas); A é a área (km^2); e J é a declividade média dos rios das sub-bacias em partes por 10000.



O CN foi estimado com base nos valores de altitude (MNT), no grupo hidrológico, no uso e ocupação do solo e nas tabelas descritas por Tucci (1998). A Tabela 1 apresenta os parâmetros de entrada no modelo HEC-HMS. Devido a escala do levantamento de solos da bacia ser 1:50000 o tipo predominante encontrado na área de estudo foi o ARGISSOLOS vermelho-amarelo, o qual foi identificado como pertencente ao grupo hidrológico C (SARTORI *et al.*, 2005). Também foi adotada a condição de umidade antecedente do tipo II (chuvas nos últimos 5 dias totalizando entre 15 e 40 mm), uma prática comumente utilizada para a determinação do hidrograma do escoamento superficial direto para projetos em drenagem urbana (TUCCI, 1998).

Tabela 1: Parâmetros de entrada no modelo HEC-HMS

Sub-bacia	Área (km ²)	L (km)	Dc (m)	So (m/m)	tc (Hora)	R (Hora)	CN (1998)	CN (2007)
Serrinha	0,88	1,54	128	0,08	0,24	0,71	78,89	82,65
Carvoeira	0,85	1,96	27	0,01	0,58	2,45	80,31	83,88
C.Seara	0,34	0,78	41	0,05	0,17	0,79	82,05	85,25
Eletrosul	0,80	1,08	100	0,09	0,18	0,65	74,07	77,55
Meio	1,23	2,86	357	0,13	0,33	0,58	64,55	68,90
Pantanal	0,40	0,45	4	0,01	0,22	2,80	85,11	87,26

CALIBRAÇÃO DO MODELO HEC-HMS

A calibração e validação do modelo foram realizadas por meio de evento observado entre 29/10/2010 a 30/10/2010 e 21/12/2010 a 22/12/2010. O procedimento foi executado em três etapas distintas: i) estimativas de parâmetros iniciais a partir de informações relativas às características físicas da bacia (sub-bacias) e rede de drenagem, bem como pelos dados encontrados para bacias com características físicas semelhantes a presente área de estudo; ii) calibração forma manual e iii) calibração automática.

Os valores dos intervalos de parâmetros iniciais (constante de decaimento exponencial, abstração inicial, tempo médio de deslocamento da onda de cheia, fator de ponderação das vazões) usados para o HEC-HMS foram baseados em Tucci (1998), Hammouri e EL-Naqa (2007), Rostami e Rostamizad (2011). A partir desses dados foi iniciado procedimento de calibração manual, procurando buscar parâmetros que melhor representam o comportamento da bacia, analisando os hidrogramas calculados e observados. Quando o pico de hidrograma apresentou um ajuste razoável, iniciou a etapa de otimização automática do modelo HEC-HMS. Essa etapa foi realizada por meio do método de Gradiente Univariado e pela função-objetivo Erro Percentual nos Picos (KATHOL *et al.*, 2003). Para avaliar o desempenho do modelo foram utilizados o coeficiente de Nash-Sutcliffe e o de regressão linear (R^2) da dispersão dos dados observados e simulados.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Analisando os mapas de uso e ocupação do solo da Figura 2 observa-se que a classe de áreas construídas não apresentam alterações significativas em termos de arruamentos, estradas, passeio e praças, o que se justifica pela urbanização consolidada em 1998. As alterações observadas estão relacionadas às ocupações dos lotes vagos. Conforme a Tabela 2, esta classe apresentou um crescimento acelerado de, aproximadamente, 15,09%, passando de 24,43% em 1998 para 39,52% em 2007.

Nas áreas de vegetação densa foi observada grande variação na bacia, sendo de 15,90% para 11,65%. Esta variação pode ser explicada por um acelerado desmatamento indevido e por loteamento urbano (SANTOS, 2003). A área ocupada por vegetação rala teve uma diminuição significativa, sendo de 34,68% para 26,20%. Essa diminuição pode ser atribuída ao desenvolvimento urbano nas baixas e médias encostas da bacia. A classe de espaços abertos apresentou uma diminuição passando de 18,03% para 16,9%. De acordo com o autor acima citado, esta variação está associada a novos loteamentos e ao crescimento das áreas verdes de lazer na bacia.

A classe de solo exposto apresentou pequena variação de uso e ocupação na bacia para o período avaliado, sendo de 6,96% (1998) para 5,69% (2007). Esta variação está relacionada à eliminação das áreas de pastagem, devido ao abandono da atividade agropecuária local no final da década de 1980, restando espaços para regeneração da vegetação nativa.

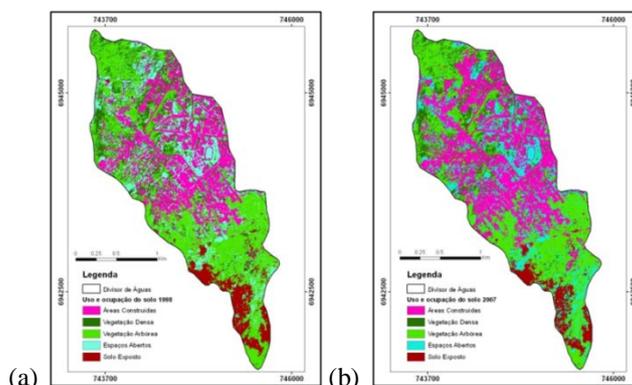


Figura 2: Uso e ocupação do solo da bacia: (a) 1998; e (b) 2007

Tabela 2. Uso e ocupação do solo - em área e porcentagem- na bacia do Campus da UFSC, nos anos de 1998 e 2007.

Classes	Área			
	1998 (km ²)	2007 (km ²)	1998 (%)	2007 (%)
Áreas Construídas	1,10	1,78	24,43	39,52
Vegetação Densa	0,72	0,52	15,90	11,65
Vegetação Rala	1,56	1,18	34,68	26,20
Espaços Abertos	0,81	0,76	18,03	16,94
Solo Exposto	0,31	0,26	6,96	5,69
Total	4,5	4,5	100	100

CALIBRAÇÃO E VALIDAÇÃO DO MODELO HEC-HMS

A Tabela 3 apresenta o resultado da diferença em termos absolutos e percentuais do volume total, vazão de pico, tempo de pico e tempo de centro de massa, para vazões simuladas e observadas na fase de calibração e validação. Verifica-se que o comportamento dos valores simulados se ajusta relativamente bem aos observados, com uma pequena tendência para superestimativa, principalmente, do volume e tempo de centro da massa.

Tabela 3: Volume total, vazão de pico, tempo de pico e tempo de centro de massa, para vazões simuladas e observadas na fase de calibração e validação

Fase	Variável	Simulado	Observado	D	Dp (%)
Calibração	Volume (1000 m ³)	104,5	101,3	3,2	3,11
	Vazão de pico (m ³ .s ⁻¹)	7	6,4	0,6	9,7
	Tempo de pico	30/10/2010-05:35	30/10/2010-04:30		
	Tempo de centro da massa	30/10/2010-07:00	30/10/2010-06:30		
Validação	Volume (1000 m ³)	63,9	59,4	4,5	7,54
	Vazão de pico (m ³ s ⁻¹)	3,5	3,4	0,1	4,1
	Tempo de pico	21/12/2010-17:30	21/12/2010-17:25		
	Tempo de centro da massa	21/12/2010-23:38	22/12/2010-00:49		

D – Diferença, Dp – Diferença Percentual

A Figura 3 mostra o hidrograma obtido na fase de calibração e validação. Conforme a análise estatística, os coeficientes Nash-Sutcliff encontrados, comparando os valores de vazões simuladas e observadas, foram de 0,936 e 0,906 para calibração e validação, respectivamente. Os valores de R^2 foram 0,999 e 0,964 na calibração e validação, respectivamente. Este resultado indica desempenho satisfatório do modelo HEC-HMS para a simulação de vazões na bacia do campus da UFSC.

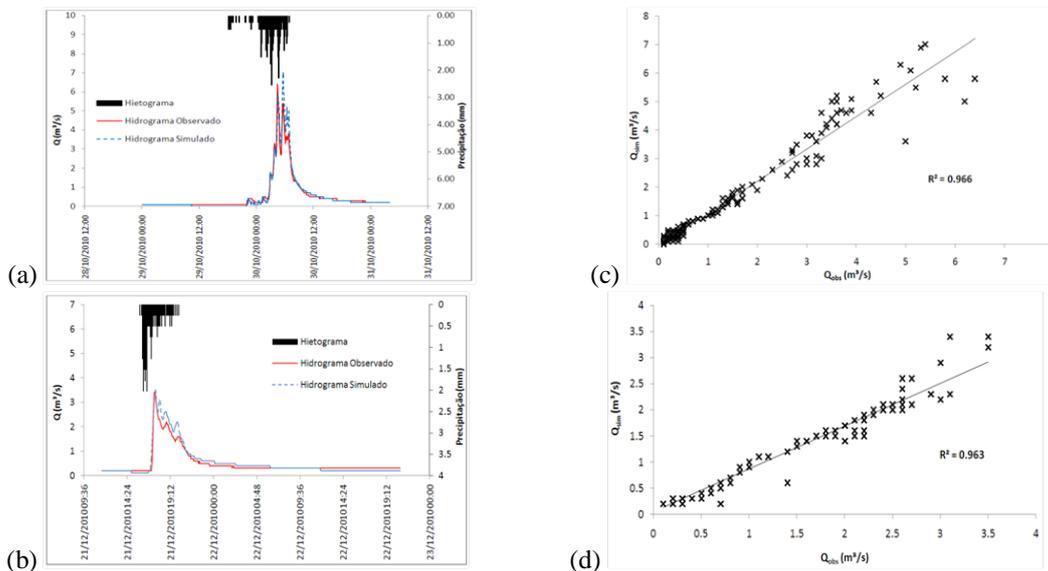


Figura 3: Hietograma e hidrogramas observado e simulado; (a) calibração e (b) validação. Diagrama de dispersão: vazão observada e simulada na calibração; (c) calibração e (d) validação.

ESTIMATIVA DE VAZÕES COM O HEC-HMS

Com o modelo HEC-HMS calibrado e validado foram inseridos os hietogramas de projeto, os quais foram simulados às vazões para os períodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos. Analisando a Figura 4 observa-se que os hidrogramas são semelhantes e o tempo de pico para todos foi de 35 minutos, visto que a distribuição da chuva segue o mesmo padrão para todos os períodos de retorno utilizados. Verifica-se também que os demais parâmetros do modelo se mantêm constantes, sendo que o CN foi o único parâmetro variável para os dois períodos analisados, cenário de 1998 e 2007, respectivamente.

O resultado dessa simulação permitiu o entendimento da influência do processo de urbanização no sistema de drenagem e da dinâmica das cheias na área na bacia do campus da UFSC, conforme mostram os hidrogramas simulados para os dois cenários na Figura 4. Observa-se uma variação nas vazões máximas de forma crescente em função da precipitação de projeto e do uso e ocupação do solo na bacia. Considerando o uso e ocupação do solo de 1998 foram realizadas simulações com períodos de retorno (Tr) de 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos, onde as vazões foram de 13,6 m^3/s , 16,6 m^3/s , 19,4 m^3/s , 23,7 m^3/s , 27,7 m^3/s e 32,2 m^3/s , respectivamente. Já para o ano de 2007, os valores simulados foram de 17,3 m^3/s , 21,6 m^3/s , 24,6 m^3/s , 30,1 m^3/s , 34,9 m^3/s e 40,5 m^3/s , respectivamente. Observa-se também que o volume escoado aumentou em função do Tr , onde para o ano de 1998 foram encontrados valores de 49815 m^3 ; 61335 m^3 ; 71445 m^3 ; 87825 m^3 ; 102285 m^3 e 119235 m^3 , já para 2007 os valores foram 63015 m^3 ; 77595 m^3 ; 90285 m^3 ; 110715 m^3 ; 128565 m^3 e 149325 m^3 .

De acordo com esses valores, verifica-se que no período entre 1998 e 2007 houve um aumento na vazão de pico de 27% e 26% no volume escoado. Este resultado é explicado pelas mudanças de uso e ocupação do solo, principalmente devido ao aumento da taxa de áreas construídas de 15% obtidos na análise temporal, bem como pela topografia da bacia.

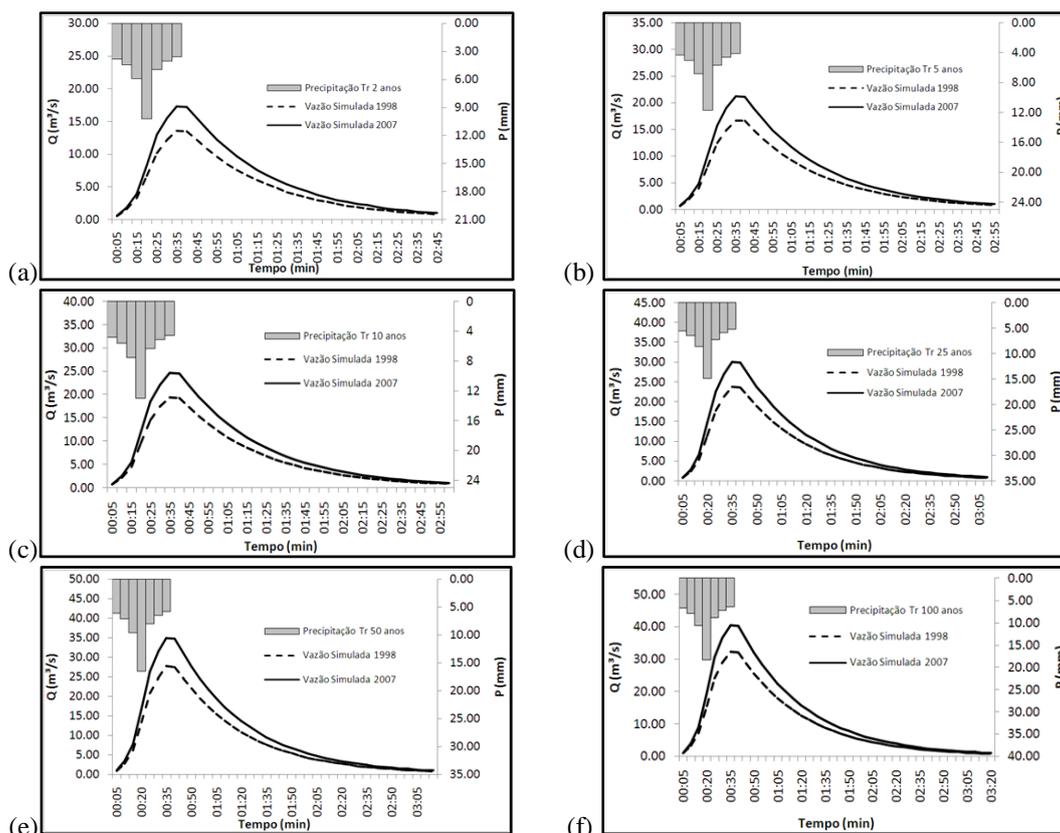


Figura 4: Hidrogramas simulados no cenário de 1998 e 2007 para período de retorno de (a) 2 anos; (b) 5 anos; (c) 10 anos; (d) 25 anos; (e) 50 anos e (f) 100 anos.

Na área de seção de controle do sistema, a exutória da bacia, foi calculada a vazão à secção plena do escoamento, utilizando a equação de Manning, com raio hidráulico de 1,10 m, área de escoamento de 11,21 m², a declividade de 0,003 m.m⁻¹ e o coeficiente de Manning de 0,028. Este cálculo resultou em um valor de 24,15 m³.s⁻¹ no que concerne a capacidade de escoamento na secção de controle, para uma altura máxima do canal de 1,9 m. Com base nesse resultado e comparado com as vazões máximas obtidas para diferentes valores de Tr, pode-se afirmar que a frequência do extravasamento do canal teve aumento significativo. Na Figura 5 verifica-se a ocorrência de extravasamento do canal no período de retorno de 27 anos para o cenário de 1998 e de 10 anos para 2007.

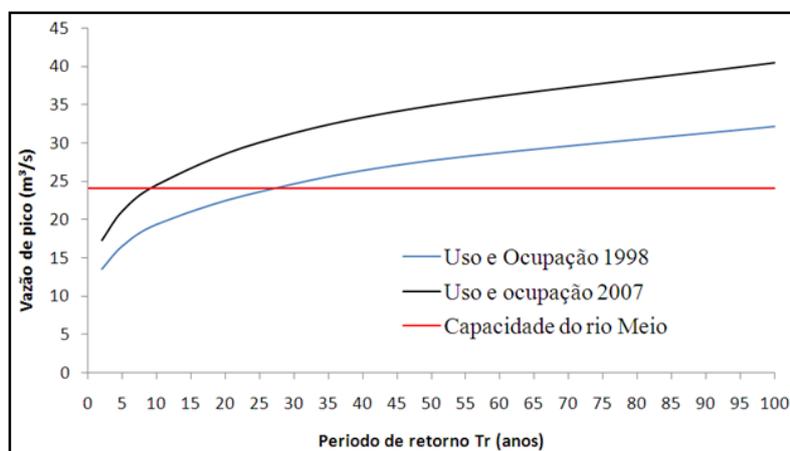


Figura 5. Análise comparativa de hidrogramas



CONCLUSÕES

Visando compreender o comportamento da mudança do uso e ocupação do solo e as suas consequências na vazão do rio do Meio, que é o rio principal da bacia hidrográfica do Campus da UFSC, Florianópolis/SC, utilizando o modelo HEC-HMS o presente estudo permite concluir que:

A área construída teve um acréscimo de 15 % entre 1998 a 2007, ocupando 0,68 km², indicando o crescimento da urbanização da bacia do Campus da UFSC neste período. Com a alteração do uso e ocupação do solo houve uma maior impermeabilização deste e, conseqüentemente, o aumento da vazão máxima.

A simulação dos dois cenários apresentou um aumento na vazão de pico de 27% e um volume escoado de 26%.

O HEC-HMS pode ser usado na previsão de eventos extremos e, assim, no planejamento territorial de bacias urbanas. Conforme os hidrogramas simulados para períodos de retornos acima de 25 anos, faz-se necessário um planejamento urgente do uso e ocupação do solo da bacia em estudo, pois um processo contínuo de urbanização pode causar graves problemas ao sistema de drenagem causando inundações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BACK, A. J. Chuvas intensas e chuva de projeto de drenagem superficial no Estado de Santa Catarina. Florianópolis: Epagri, 2002.
2. BEIGHLEY, R.E.; MELACK, M.; DUNNE, T. Impacts of California's climatic regimes and coastal land use change on streamflow characteristics. *Journal of the American Water Resources Association* 39 (6), 1419–1433, 2003.
3. BEZ, A.; LISBOA, H.M.; POMPÊO, C.A.; NETO, A.C.; Antônio.C; MELO, E. Controle de Enchentes na Bacia do Itacorubi (Florianópolis,SC). In: Anais do XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Belo Horizonte/MG: ABRH, 28 de novembro a 2 dezembro de 1999.
4. FLORIANÓPOLIS. IPUF. Mapeamento Temático do Município de Florianópolis: mapas e memoriais descritivos (geologia, geomorfologia, solos e vegetação). Florianópolis: Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis, 1991.
5. HAMMOURI, N.; EL-NAQA, A. Hydrological modeling of un-gauged wadis in arid environments using GIS: a case study of Wadi Madoneh in Jordan. *Revista Mexicana de Ciências Geológicas*, v. 24, n.2, p. 185-196, 2007.
6. HUTCHINSON, M.F. Development of a continent-wide DEM with applications to terrain and climate analysis. In: *Environmental Modeling with GIS*. New York: Oxford University Press, p. 392-399, 1993.
7. KATHOL, J; WERNER, H.; TROOIJEN, T. Predicting runoff for frequency based storms using a precipitation-runoff model, in North-Central Intersectional Meeting of the American Society of Agricultural Engineers (ASAE) and Canadian Society of Agricultural Engineers (CSAE), October 3-4, Fargo, North Dakota: St. Joseph, MI, ASAE Paper RRV03-0046, 2003.
8. KOBIYAMA, M; GRISON, F; LINO, J. F. L. ; SILVA, R. V. Time of Concentration in the UFSC Campus Catchment, Florianópolis-SC (Brazil), Calculated with Morfometric and Hydrological Methods. In: VI Simpósio Nacional de Geomorfologia/ Regional Conference on Geomorphology, 2006.
9. OLIVERA, F.; MAIDMENT, D.R. HEC-PrePro v. 2.0: An ArcView Pre-Processor for HEC's Hydrologic Modeling System, in Proceedings of the 18th ESRI Users Conference, July 25-31, San Diego, CA, 1998.
10. ROSTAMI,N.; ROSTAMIZAD, G. Comparison methods Green & Ampt and Initial and Constant Rate Loss for estimate precipitation loss to simulation runoff. *International Journal of Agriculture: Research and Review*. Vol., 1 (1), 33-37, 2011.
11. SANTOS, C. S. O processo de urbanização da bacia do Itacorubi: A influência da UFSC. Florianópolis. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. 99p, 2003.
12. SARTORI, A.; GENOVEZ, A.M.; LOMBARDI NETO, F. Classificação Hidrológica de Solos Brasileiros para a Estimativa da Chuva Excedente com o Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos- Parte 1: Classificação. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.10, p. 05-18, 2005.
13. TUCCI, C. E. M. Modelos Hidrológicos. Porto Alegre: Ed. Da Universidade: BRH/UFRGS. 1998.
14. USACE-HEC "Hydrologic Modeling System, HEC-HMS – Technical Reference Manual". US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, March 2000.