



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

A QUESTÃO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL EM ÁREAS DEGRADADAS POR PROCESSOS EROSIVOS LINEARES: A IMPORTÂNCIA DE UMA ESTRATÉGIA DE ANÁLISE

Rodrigo Braga Moruzzi¹; Cenira Maria Lupinacci da Cunha²; Roberto Braga³

RESUMO

Este artigo tem como objetivo apresentar os procedimentos técnicos realizados e os resultados obtidos com estes ao se avaliar o escoamento superficial direto em uma micro-bacia hidrográfica do setor de expansão urbana de Brotas (SP). Para realizar tal tarefa foram analisados os hidrogramas e hietogramas de projeto utilizando o modelo do Soil Conservation Service (SCS) para transformação chuva-vazão com diferentes condições de cobertura do solo utilizando o método do Hidrograma Triangular para propagação do escoamento superficial. As simulações hidrológicas foram realizadas por meio do modelo IPHS1 a partir de uma tormenta desagregada de 1 hora. Esta técnica subsidiou a avaliação que possibilitou concluir que a área investigada não é apta ao uso urbano e que as atividades agrícolas, já existentes, necessitam aplicar práticas conservacionistas mais eficientes na contenção do escoamento superficial. Além disso, verificou-se que as técnicas hidrológicas utilizadas foram de grande valia já que permitiram simular cenários e, com isso, avaliar as medidas e tendências necessárias para controle do escoamento superficial.

Palavras-chave: escoamento superficial, processos erosivos, uso da terra.

THE RUNOFF MATTER AT DEGRADED AREAS BY LINEAR EROSIVE PROCESSES: THE ANALYSES STRATEGY ISSUE

ABSTRACT

This paper presents the technical procedures applied and its results by evaluating the runoff on a micro urban watershed of Brotas (SP-Brazil). So, there were simulated the hietograms and hydrograms by using the Soil Conservation Service (SCS) applied in different conditions of soil couvertures and the triangular hydrogram to propagate the runoff. The simulations were made by mean of the IPHS1 model from a disaggregated one-hour storm. The methods gave support to the evaluation that the studied area was no apt for urban use and that the current agriculture practices need to be reviewed. Further, the hydrologic evaluation made by scenarios has assisted the proposed runoff control methods.

Key-words: runoff, erosive process, land use.

Trabalho recebido em 18/03/2009 e aceito para publicação em 20/04/2009.

¹ Engenheiro Civil (UFSCar), Mestre e Doutor em Hidráulica e Saneamento (EESC-USP). Professor do curso de Engenharia Ambiental da UNESP, Campus de Rio Claro. Rua 10, 2527 Cx.Postal 178 13500-200 Rio Claro, SP. rmoruzzi@rc.unesp.br.

² Geógrafa, Mestre em Geografia e Doutora em Geociências. Professora da UNESP, Campus de Rio Claro. cenira@rc.unesp.br

³ Geógrafo, Mestre e Doutor em Geografia. Professora da UNESP, Campus de Rio Claro. rbraga@rc.unesp.br.

1. INTRODUÇÃO

Existe um consenso sobre a necessidade crescente de dados sobre erosão que sejam precisos e bem distribuídos geograficamente. Nesse contexto, estudos visando um diagnóstico exato dos problemas relativos à erosão tornam-se cada vez mais importantes para conservar as terras ainda disponíveis.

Os processos erosivos variam de acordo com a constituição litológica, com as características pedológicas, topográficas, de cobertura do solo e duração e intensidade das chuvas, as quais são responsáveis pelas diferentes taxas de erosão. Além disso, deve-se considerar que a ocorrência de processos erosivos implica em uma complexa cadeia de causas e conseqüências. Quando estes se registram no entorno de áreas urbanizadas, tal complexidade é ainda maior. Na maior parte das cidades brasileiras, a expansão urbana desordenada, aliada à deficiente gestão da drenagem das águas pluviais tem acarretado sérios problemas de erosão. Isso ocorre tanto devido à descarga excessiva das águas acumuladas sobre os espaços impermeabilizados das cidades, quanto à desconsideração da fragilidade erosiva dos terrenos nas áreas de expansão urbana. Dessa forma, a compreensão dos processos erosivos, tanto em termos qualitativos quanto quantitativos, constitui-se em uma

necessidade premente nos dias atuais, visando uma gestão urbana mais adequada.

Neste contexto, considerando que os processos erosivos na região tropical brasileira têm como agente deflagrador as águas pluviais, é imprescindível avaliar como tais águas circulam em superfície durante e após os eventos chuvosos. Dessa forma, a avaliação do escoamento superficial é essencial para o entendimento dos processos erosivos.

Diante do exposto, este artigo tem como objetivo apresentar os procedimentos técnicos realizados e os resultados obtidos com estes ao se avaliar o escoamento superficial direto em uma micro-bacia hidrográfica do setor de expansão urbana de Brotas (SP). Nesta área registra-se a presença de processos erosivos lineares que se manifestam através de sulcos erosivos e voçorocas. No caso dos voçorocamentos, sabe-se que estes evoluem também pela presença de intensa dinâmica de escoamento sub-superficial, contudo, nesta pesquisa, o foco foi sobre os processos de superfície e suas relações com os padrões de uso e ocupação da terra.

A área da micro-bacia de estudo é ocupada, atualmente, por pequeno setor de área urbana, situada no topo e, em sua maior extensão, por atividades vinculadas à agropecuária. Assim, todo setor de cabeceira é recoberto pelo cultivo da cana

de açúcar e as vertentes da média bacia pelas pastagens. Além desses usos da terra, o setor de fundo de vale ainda apresenta-se recoberto por vegetação que pode ser caracterizada como de porte florestal. Nos limites da cobertura florestal com o setor de cana e pastagem verifica-se a ocorrência de diversos processos erosivos lineares que se caracterizam, em alguns setores, como sulcos erosivos e que, em outros, nitidamente já atingem o estágio de voçorocas. O Plano Diretor do município de Brotas prevê a expansão urbana em direção a esta micro-bacia hidrográfica, localizada no setor oeste da cidade. Contudo, atualmente, diante dos problemas vinculados aos processos erosivos lineares, há uma demanda pela reavaliação das possibilidades de urbanização desta área.

Dessa forma, parte-se do pressuposto que as mudanças no uso e ocupação da terra na micro-bacia estudada é um dos fatores responsáveis pela alteração na dinâmica erosiva. Isso se deve ao fato de que as vazões vinculadas ao escoamento superficial encontram-se atingindo dimensões cujo poder erosivo suplanta as propriedades e capacidades coesivas do solo, fato constatado através dos levantamentos in loco.

Assim, a análise das simulações hidrológicas versou apontar os condicionantes para ocupação, necessários

a contenção da erosão causada pelo escoamento superficial direto. Foi realizada uma avaliação das vazões para cada cenário de cobertura do solo por meio da análise de hietogramas e hidrogramas de projeto. As simulações hidrológicas da região de interesse foram realizadas utilizando o modelo IPHS1, considerando o ponto da nascente como exutório.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Considerações Iniciais

Conforme descrito em Moruzzi et. al. (2008), inicialmente foram analisadas as áreas cobertas por Pluviômetros, os dados hidrológicos disponíveis e definidos os Postos Pluviométricos de interesse. De posse dos documentos, os dados pluviométricos foram preenchidos (quando necessário) utilizando-se o Método de Ponderação Regional e consistidos empregando o Método de Dupla Massa, para cada Posto Pluviométrico. A avaliação da frequência de ocorrência foi determinada através da análise estatística dos dados utilizando o Método de Gumbel. As chuvas médias de 24 horas foram obtidas com base nas chuvas médias de 1 dia e, com isso, estabelecidas as chuvas de curta duração. As curvas IDF foram obtidas empregando-se o Método das Relações de Durações. A distribuição espacial das chuvas diárias foi considerada

utilizando o Método de Thiessen (TUCCI, 1993). Os hietogramas de projeto foram obtidos através do Método de Sifalda.

O modelo proposto pelo Soil Conservation Service (SCS, 2004) foi utilizado para a separação do escoamento de uma precipitação de 10 anos de tempo de recorrência, com chuvas de duração de 1h e com 6 intervalos de tempo de tamanho de 600s. Os resultados foram comparados com um Cenário de Referência, considerando a área com cobertura vegetal natural (conceito do Impacto Hidrológico Zero-IHZ).

Foram construídos os hidrogramas resultantes da precipitação excedente para diferentes cenários, a saber:

Cenário I: Situação pré-ocupação;

Cenário II: Situação atual com cana plantada;

Cenário III: Situação atual com cana na entressafra;

Cenário IV: Situação subtraindo o loteamento e substituindo pela cana, considerando-a plantada e mantendo-se a área de pasto;

Cenário V: Aumento da área de loteamento avançando sobre a área da cana, mantendo-se a área de pastagem;

Cenário VI: Combinação de alternativas considerando melhorias nas áreas de cana e pastagens, mantendo a área do loteamento.

Desta forma, para cada cenário de cobertura foram determinados os valores do número da curva (CN).

O solo foi caracterizado por medidas granulométricas de amostras de superfície deformadas.

2.2. Características da Bacia: Localização, Relevo, Formato e Área de Drenagem

A bacia de interesse delimitada em função da nascente esta localizada na área periurbana da cidade de Brotas – SP, nas coordenadas geográficas: Lat. 22° 16'38" S e Long. 48°08'55" O.

O relevo caracteriza-se por ser suavemente ondulado com vertentes pouco declivosas e comprimentos de rampa extensos.

A área de drenagem caracteriza-se por apresentar máximos de comprimento de rampa de, aproximadamente, 590m e desnível altimétrico de, aproximadamente, 45m. Considerando que o problema referia-se ao processo erosivo linear na nascente, a área foi delimitada adotando esta como exutório totalizando, assim, 0,29 km² (constituída pelo somatório das áreas em vermelho, amarelo e verde representadas na Figura 1).

As medidas granulométricas de amostras de superfície deformadas apontaram para altas porcentagens de areia (predominantemente >90%).

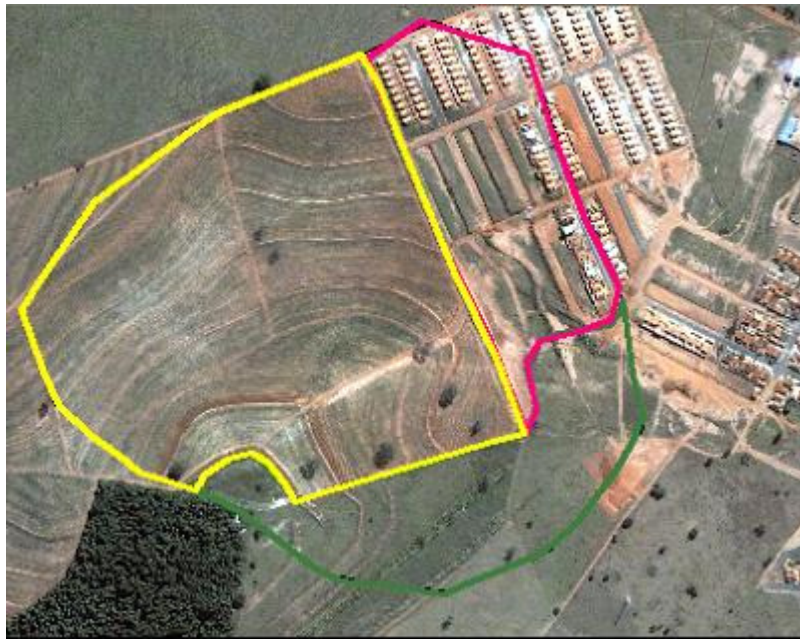


Figura 1. Delimitação das áreas de interesse para drenagem. Em amarelo, o contorno da área cultivada com cana de açúcar. Em vermelho, o contorno do loteamento. Em verde, o contorno da área ocupada por pastagem.

A Figura 2 apresenta a característica do solo da bacia de acordo com informações extraídas da Base de Dados do Sistema de Informações para o Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo - SIGRH (SIGRH, 2009).

2.3 Estudo das chuvas (Hietogramas) de projeto

Os Postos Pluviométricos foram obtidos através do Banco de Dados em Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (SIGRH, 2009). A partir das imagens foram selecionados os postos próximos à bacia de interesse (Figura 3).

A localização espacial dos Postos Pluviométricos em função da bacia de interesse pode ser visualizada na Figura 4.

Devido à inexistência de alguns dados foi utilizado o Método de Ponderação Regional para o preenchimento das séries mensais, visando à homogeneização do período de informações.

Foram selecionados 5 postos que apresentavam, no mínimo, 25 anos de dados, com o objetivo de atender ao método empregado (pelo menos 4 postos de análise, e com período mínimo de dez anos).

Os postos investigados são apresentados na Tabela 1.

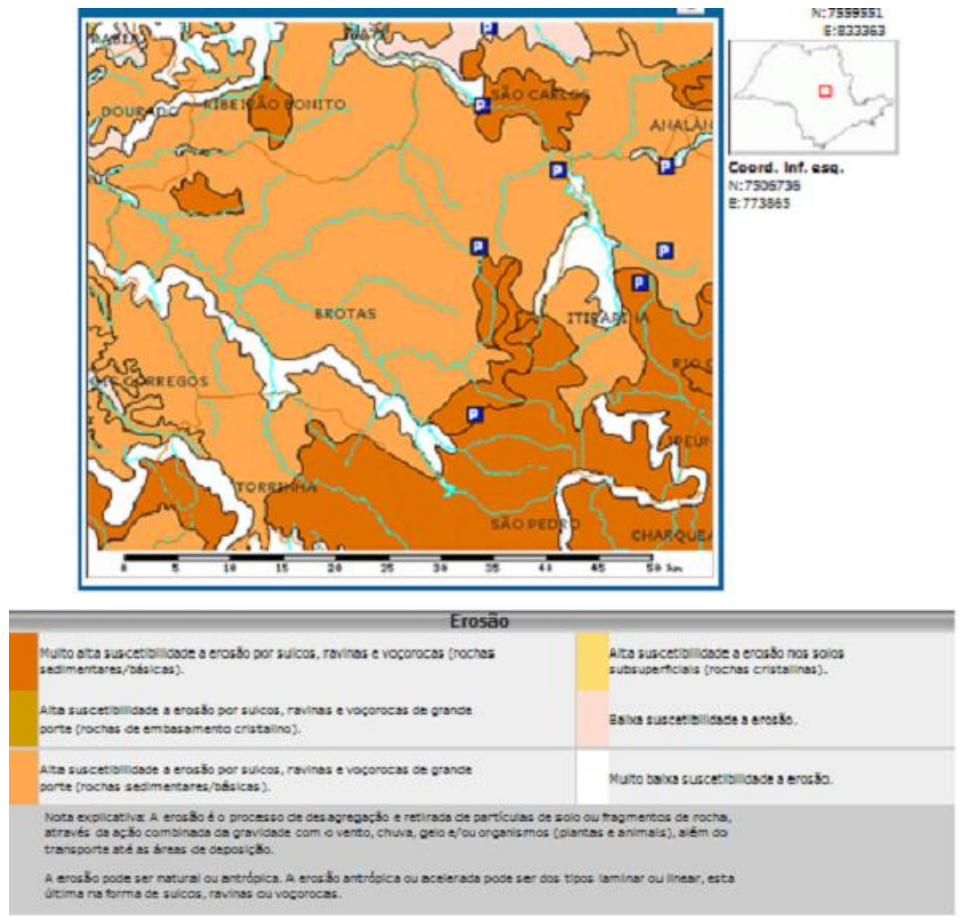


Figura 2. Características do solo da bacia. (Fonte: Base de dados SIGRH)



Figura 3. Postos pluviométricos disponíveis na região da bacia de interesse. (Fonte: Base de dados SIGRH)



Figura 4. Localização dos postos pluviométricos.

Tabela 1. Relação dos postos pluviométricos empregados.

Nome do Posto	Itirapina	Campo Redondo	Brotas	Faz. Serreta (Torrinha)	Visconde de Rio Claro
Prefixo	D4-014	D4-098	D5-078	D5-082	D4-037
Município	Itirapina	Brotas	Brotas	Torrinha	Itirapina
Bacia	Jacare Guacu	Jacare Pepira	Jacaré Pepira	Piracicaba	Ribeirão do Feijão
Altitude(m)	790	660	680	500	740
Latitude	22°14'	22°22'	22°17'	22°32'	22°09'
Longitude	47°48'	47°59'	48°07'	48°14'	47°48'

As falhas apresentadas pelos postos foram preenchidas com base na seguinte equação (TUCCI, 1993):

$$Y = \frac{1}{3} \left(\frac{X1}{Xm1} + \frac{X2}{Xm2} + \frac{X3}{Xm3} \right) \cdot Ym \quad (1)$$

em que Y é a precipitação do posto Y a ser estimada; X1, X2, X3 é a precipitação correspondente ao mês que se deseja preencher, observada nas três estações vizinhas; Ym a precipitação média do

posto Y; Xm1, Xm2, Xm3 as precipitações médias nas três estações circunvizinhas.

Após o preenchimento da série foi necessário analisar a consistência dos dados disponíveis dentro de uma visão regional, a fim de comprovar o grau de homogeneidade dos mesmos com relação às observações registradas em postos vizinhos e assim garantir a qualidade e confiabilidade dos dados.

Utilizou-se o método da Dupla Massa, desenvolvido pelo Geological Survey (USA), válido apenas para séries mensais ou anuais (TUCCI, 1993). Os dados correspondentes aos valores mensais do posto a consistir foram acumulados a partir da tendência atual e plotados no eixo Y de um gráfico. No eixo X foi plotada a média das precipitações acumuladas para os postos de comparação. Como o posto a consistir não possuía dados proporcionais aos postos de comparação, os pontos do gráfico não se alinhavam segundo uma única tendência; então foi necessária a correção dos valores mais antigos para a situação atual, exigindo-se a ocorrência de pelo menos cinco pontos sucessivos. Os valores inconsistentes foram corrigidos de acordo com a expressão (TUCCI, 1993):

$$P_c = P_a + \frac{M_a}{M_o} \cdot \Delta P_o \quad (2)$$

em que P_c é a precipitação acumulada ajustada à tendência desejada; P_a o valor da ordenada correspondente à intersecção das duas tendências; M_a o coeficiente angular da tendência recente; M_o o coeficiente angular da tendência a antiga; P_o o valor acumulado a ser corrigido e ΔP_o é a diferença entre P_o e P_a .

Com base nas estimativas da precipitação de duração diária e no Método das Relações das Durações, foram

utilizados os valores médios de coeficientes para um período de retorno de 10 anos, resultando na obtenção das intensidades de chuva de diferentes durações, que podem ser verificados na Tabela 2.

Para a determinação da distribuição espacial da chuva utilizou-se o Método de Thiessen, descrito por Tucci (1993). A análise da Figura 5 permitiu concluir que o posto Itirapina (D4-014) tem maior peso na precipitação da bacia de interesse.

2.3 Estudo do escoamento superficial

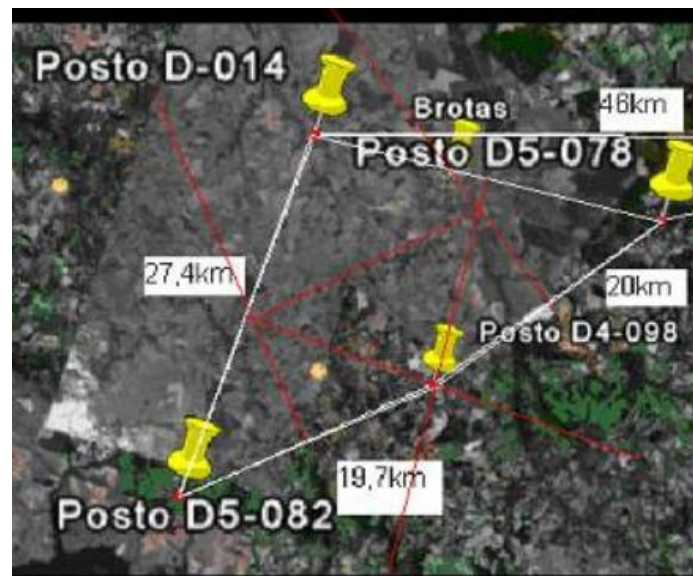
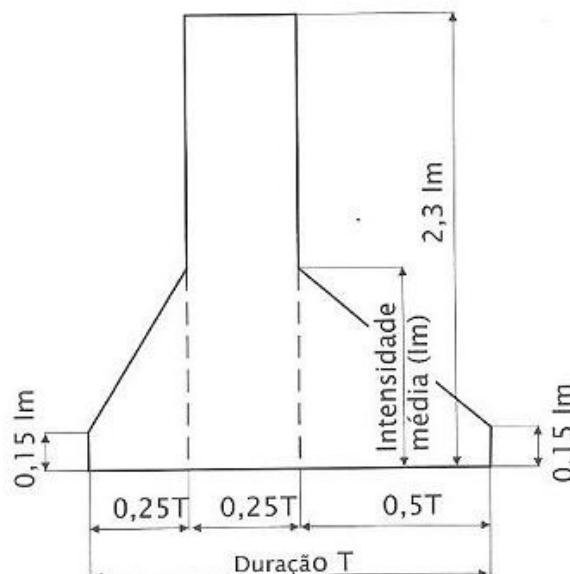
As Chuvas de Projeto foram definidas por precipitações fornecidas, baseadas nos estudos efetuados. O método do hidrograma unitário e das relações funcionais foram baseados nos resultados do estudo das chuvas.

A tormenta de projeto foi desagregada utilizando o Método Sifalda (Figura 6). A partir daí os valores podem ser rearranjados de modo que o maior valor se localize entre 25, 50 e 75% da distribuição.

A discretização da bacia foi realizada considerando a área, a morfologia, seção de interesse e distribuição espacial da precipitação. O escoamento foi considerado unidirecional no sentido da vertente para a seção de interesse, considerada a nascente.

Tabela 2. Intensidades de chuva com diferentes durações no Posto Itirapina (D04-014).

Duração	R	Coef	TR 10	I (mm/h)
1d	1d/1d	1	144,363	6,0
24h	24h/1d	1,13	163,13019	6,8
6h	6h/24h	0,7	114,191133	19,0
4h	4h/24h	0,63	102,7720197	25,7
2h	2h/24h	0,51	83,1963969	41,6
1h	1h/24h	0,4	65,252076	65,3

**Figura 5.** Determinação da distribuição espacial dos postos pluviométricos pelo método de Thiessen.**Figura 6.** Esquema representativo do Método de Sifalda utilizado para desagregação da tormenta. Fonte: Canholi (2005)

A adoção do método de estimação de vazão para a obtenção dos hietogramas e hidrogramas de projeto levou em consideração o uso majoritariamente rural do solo da bacia de estudo.

Para tal utilizou-se do método do Soil Conservation Service (SCS, 2004). Os dados do solo e da cobertura vegetal foram definidos em função das condições e grupo hidrológico do solo, necessários para a determinação do número da curva (CN), de acordo com as Tabelas 3, 4 e 5.

O algoritmo do SCS baseou-se na proporção:

$$\frac{(P - Q)}{S} = \frac{Q}{P} \quad (3)$$

em que P é a precipitação acumulada (mm); Q é o escoamento superficial e S a perda potencial máxima ao início da tormenta (mm).

Considerou-se que as perdas iniciais representam 20% da capacidade máxima.

A perda inicial foi considerada a partir da tormenta inicial que não produz escoamento. O número da curva (CN) esta relacionada com a perda potencial inicial máxima de acordo com a expressão:

$$CN = \frac{25400}{(10 + S)} \quad (4)$$

É importante ressaltar que, como limitantes do método, não foram considerados a capacidade de recuperação e o escoamento de percolação, ou seja, o escoamento subterrâneo.

Os tipos de solo e condições de ocupação foram definidos através de análises in loco bem como através da avaliação de cenários, respectivamente. Os cenários avaliados foram comparados com a simulação realizada considerando a condição de pré-ocupação.

Visando identificar os cenários críticos para análise, foram simulados hidrogramas resultantes de diferentes condições de uso e ocupação em diferentes cenários considerando a IDF da cidade de São Carlos-SP, que faz divisa com o município de Brotas-SP. Os resultados permitiram avaliar e selecionar as condições para simulação dos cenários considerando os dados específicos de Brotas-SP.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As alterações sobre o uso e manejo do solo da bacia foram avaliadas por meio de hidrogramas construídos para diferentes cenários. Inicialmente, como parâmetro para comparação, foi simulado um cenário pré-ocupação (Figura 7) com condições naturais de cobertura florestal.

Tabela 3. Exemplo de valores de CN em função da cobertura e do tipo hidrológico de solo (condição II de umidade).

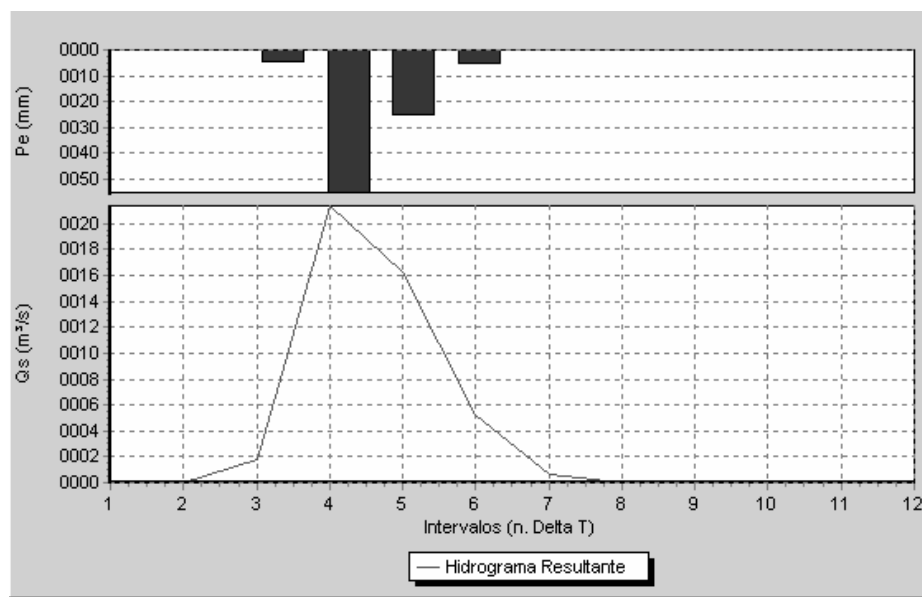
Tipo de uso do solo/ Tratamento/ Condições hidrológicas		Grupo Hidrológico			
		A	B	C	D
Uso Residencial, Tamanho médio do lote	% Impermeável				
até 500 m ²	65	77	85	90	92
1000 m ²	38	61	75	83	87
1500 m ²	30	57	72	81	86
Estacionamentos pavimentados, telhados		98	98	98	98
Ruas e estradas:					
Pavimentadas, com guias e drenagem		98	98	98	98
com cascalho		76	85	89	91
de terra		72	82	87	89
Áreas comerciais(85% de impermeabilização)		89	92	94	95
Distritos industriais (72% impermeável)		81	88	91	93
Espaços abertos, parques, jardins:					
boas condições, cobertura de grama > 75%		39	61	74	80
Condições médias, cobertura de grama > 50%		49	69	79	84

Tabela 4. Descrição dos grupos hidrológicos de solos.

Grupo	Descrição
A	Solos arenosos com baixo teor de argila total, inferior a 8%, não há rocha nem camadas argilosas e nem mesmo ensificadas até a profundidade de 1,5m. O teor de húmus é muito baixo, não atingindo 1%.
B	Solos arenosos menos profundos que os do Grupo A e com menor teor de argila total, porém ainda inferior a 15%. No caso de terras roxas este limite pode subir a 20% graças a maior porosidade. Os dois teores de húmus podem subir, respectivamente, a 1,2 e 1,5%. Não pode haver pedras e nem camadas argilosas até 1,5m, mas é quase sempre presente camada mais densificada que a camada superficial.
C	Solos barrentos com teor total de argila de 20 a 30% mas sem camadas argilosas impermeáveis ou contendo pedras até profundidades de 1,2m. No caso de terras roxas, estes dois limites máximos podem ser 40% e 1,5m. Nota-se a cerca de 60cm de profundidade camada mais densificada que no Grupo B, mas ainda longe das condições de impermeabilidade.
D	Solos argilosos (30 - 40% de argila total) e ainda com camada densificada a uns 50cm de profundidade. Ou solos arenosos como B, mas com camada argilosa quase impermeável ou horizonte de seixos rolados.

Tabela 5. Descrição das condições típicas de unidade do solo.

Condição	Descrição
I	solos secos - as chuvas nos últimos 5 dias não ultrapassam 15 mm.
II	situação média na época das cheias - as chuvas nos últimos 5 dias totalizaram entre 15 e 40mm.
III	solo úmido (próximo da saturação) - as chuvas nos últimos 5 dias foram superiores a 40mm e as condições meteorológicas foram desfavoráveis a altas taxas de evaporação.

**Figura 7.** Hietograma e Hidrograma de projeto, cuja simulação foi realizada considerando o cenário pré-ocupação (100% de floresta). Resultado gerado com o modelo IPHS1.

Nota-se que o pico do hidrograma atinge valores máximos pouco superiores a $20 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ e a precipitação excedente é pouco maior que 50 mm.

Nas condições atuais de uso e ocupação da terra, caracterizada pelo predomínio espacial do cultivo de cana de açúcar, os valores máximos atingem $45 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (Figura 8) e a precipitação excedente atinge valores superiores a 100 mm.

Já se a área do loteamento fosse subtraída e houvesse uma expansão do

cultivo da cana de açúcar, verifica-se que as condições do escoamento superficial pouco se alteraria (Figura 9) com valores superiores a $40 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ de escoamento e precipitação excedente ainda superior a 100 mm. Contudo, se ocorrer um aumento da área urbanizada através do avanço do loteamento, o escoamento superficial volta a ser superior a $45 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (Figura 10), assim como a precipitação excedente também se apresenta um pouco superior ao registrado na simulação anterior.

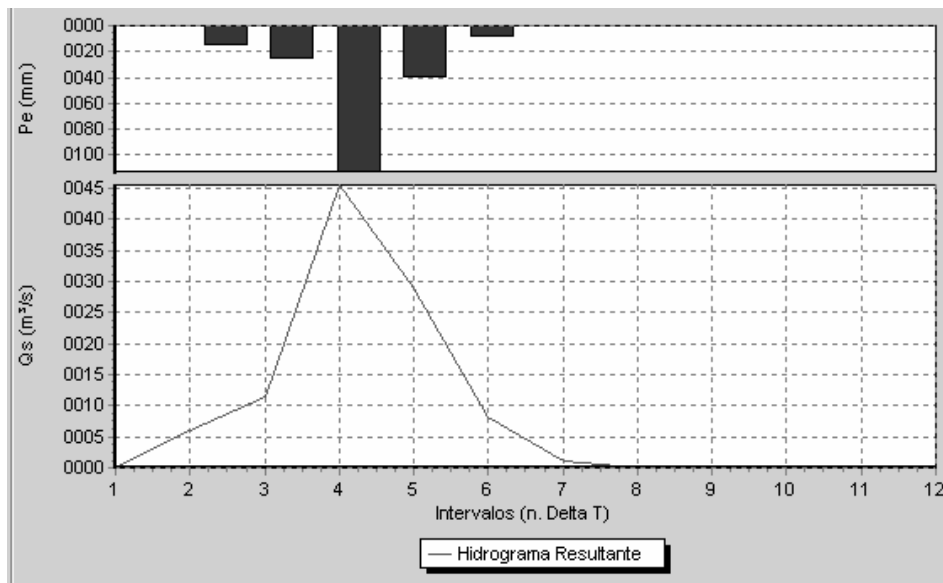


Figura 8. Hietograma e Hidrograma de projeto, cuja simulação foi realizada considerando o cenário atual de ocupação do solo e a cobertura de superfície com cana plantada (59% da área total); loteamento (20% da área total); pasto (21% da área total). Solo com condição média de umidade. Resultado gerado com o modelo IPHS1.

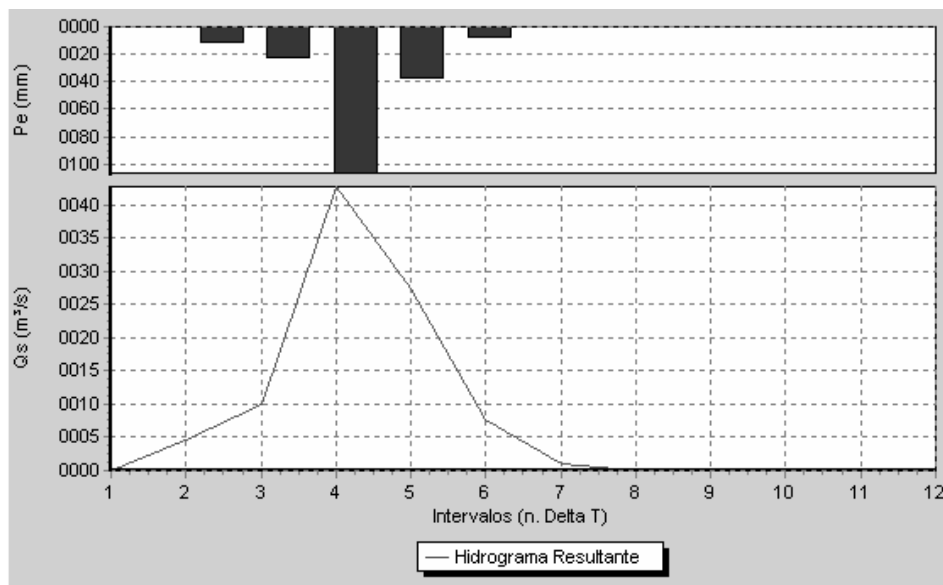


Figura 9. Hietograma e Hidrograma de projeto, cuja simulação foi realizada considerando um cenário substituindo o loteamento por cana plantada, com ocupação do solo e cobertura de superfície: cana na entre safra (79% da área total); pasto (21% da área total). Solo com condição média de umidade. Resultado gerado com o modelo IPHS1.

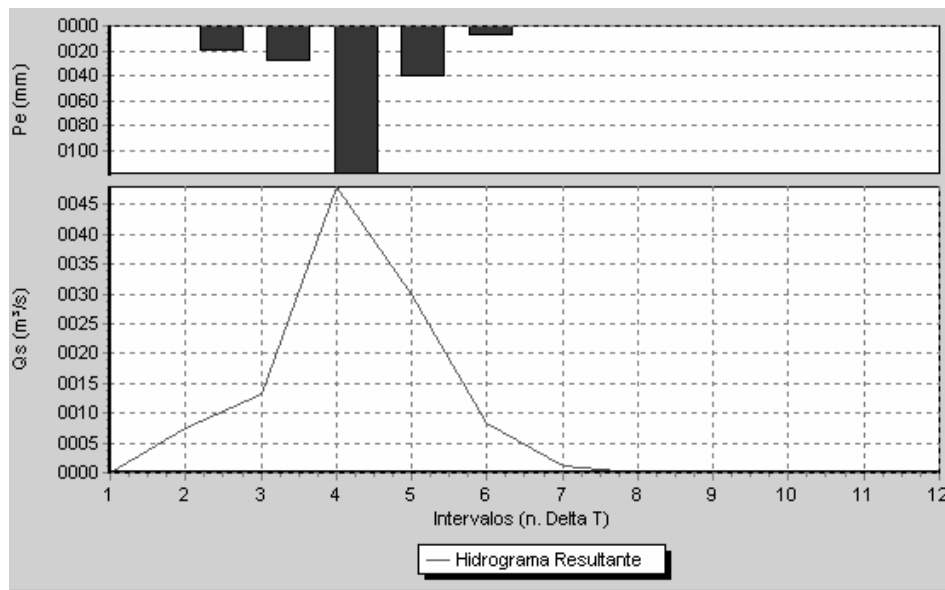


Figura 10. Hietograma e Hidrograma de projeto, cuja simulação foi realizada considerando um cenário no qual aumenta a área de loteamento de 20% para 40% da área total, avançando sobre a área da cana: cana plantada (39% da área total); pasto (21% da área total). Solo com condição média de umidade. Resultado gerado com o modelo IPHS1.

Diante das constatações feitas, foi elaborada uma nova simulação de um cenário considerado viável perante as condições atuais de uso da micro-bacia. Dessa forma, manteve-se a área do loteamento, visto que sua subtração implicaria em sérios problemas sócio-econômicos, e buscou-se modelar uma situação de melhorias nas práticas conservacionistas nos setores ocupados pelas pastagens e pelo cultivo da cana de açúcar. Nesta simulação os valores de escoamento atingiram valores pouco superiores a $25 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ e a precipitação excedente pouco superior a 60 mm. Esta simulação, considerada possível de se obter, foi a que mais se aproximou do cenário pré-ocupação (Figura 11).

Através das simulações realizadas, foi possível constatar que as mudanças nos padrões de uso e ocupação da terra têm interferência direta sobre o escoamento superficial e assim sobre os processos erosivos registrados na área.

O cultivo da cana de açúcar constitui-se em padrão de ocupação da terra cujos excedentes de precipitação e escoamento superficial gerado é muito significativo, principalmente quando se considera a existência de um período de entre safra no qual há a exposição do solo.

A análise integrada dos resultados permitiu verificar que, sob o ponto de vista hidrológico, nenhuma medida pontual foi capaz de reproduzir as condições de pré-ocupação.

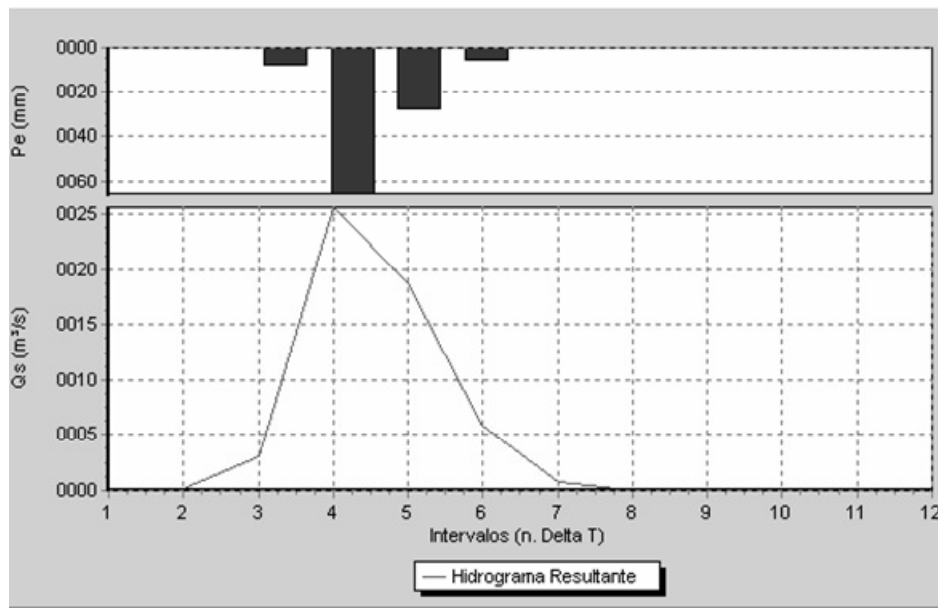


Figura 11. Hietograma e Hidrograma de projeto, cuja simulação realizada considerando cenário com combinação de alternativas, como melhorias nas áreas de cana e pastagens, mantendo a área do loteamento. Solo com condição média de umidade. Resultado gerado com o modelo IPHS1.

Os resultados apontam para a combinação de intervenções como a alternativa mais viável, do ponto de vista técnico-hidrológico.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos dados obtidos com as simulações aponta que:

A comparação do cenário atual com o cenário pré-ocupação evidencia como o uso da terra tem alterado as condições hidrológicas de superfície. Isso demanda ações que impliquem em diminuição da precipitação excedente e das vazões do escoamento superficial.

Considerou-se que as atividades agropecuárias, como vêm sendo desenvolvidas, com práticas agrícolas

pouco eficientes, tendem a aumentar consideravelmente a erosão devido ao grande aumento no escoamento. Faz-se necessário, pelas características da área, práticas conservacionistas consistentes.

A expansão urbana para a área estudada não deve ocorrer visto que esta pode implicar em aumento das taxas de escoamento de superfície e provocar uma dinamização ainda maior dos processos erosivos.

Além dessas questões vinculadas a área da pesquisa, foi possível constatar a importância da quantificação e análise das condições do escoamento superficial para a avaliação da dinâmica dos processos erosivos. Os dados obtidos possibilitaram

uma maior compreensão dos condicionantes de tais processos.

AGRADECIMENTOS

Os autores desse trabalho agradecem a Centrovias pelo financiamento que integra o Programa de Apoio aos Municípios, relativo à Licença Ambiental nº 363 para a duplicação da Rodovia SP225 - Engº Paulo Nilo Romano, entre Jaú e Itirapina, realizada pela concessionária Centrovias.

REFERÊNCIAS

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

MORUZZI, R.B., CUNHA, C. L. da, BRAGA, R. **Avaliação da aptidão para a ocupação urbana: Um estudo de caso a partir de condicionantes geomorfológicos e hidrológicos**. Teoria e Prática na Engenharia Civil, n.12, p.13-23, Outubro, 2008 disponível em: http://www.mikrus.com.br/~revistatpec/Art2_N12.pdf

Plano Diretor Municipal de Brotas - SP. Disponível em: http://www.brotas.sp.gov.br/view_leis.php?categoria=Plano%20Diretor%20de%20Brotas

SCS Soil Conservation Service. National Engineering Handbook, Chapter 10. **Estimation of Direct Runoff from Storm Rainfall** U.S. Department of Agriculture, Washington, DC. July, 2004.

SIGRH Sistema de Informações para o **Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo**: Banco de dados. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/>. Acesso em 17 de março de 2009.

TUCCI, C. E. M. (org), **Hidrologia**: Ciência e aplicação. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, EDUSP e ABRH, 1993. 495 p.