

HIDROGRAMAS DE CHEIAS EM FUNÇÃO DE ALTERAÇÕES NO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DA BACIA HIDROGRÁFICA SETE VOLTAS NO MUNICÍPIO DE TAUBATÉ, SP

Denise de Lima Belisario¹; Marcelo Santos Targa²; Ana Aparecida da Silva Almeida²; Maria Dolores Alves Cocco².

¹Mestranda. Universidade de Taubaté - UNITAU, Taubaté-SP. Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Email: denise.belisario@gmail.com

²Docentes da Universidade de Taubaté - UNITAU, Taubaté-SP. Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Email: targa.marcelo@gmail.com, anaparecidaalmeida@gmail.com, maria.cocco@unitau.com.br

*Autor correspondente

RESUMO

O presente estudo objetivou construir hidrografas de cheias para a bacia Sete Voltas no município de Taubaté-SP, a partir do método de hidrograma unitário, em função de alterações nas áreas de preservação permanente (APP), de reflorestamento e de pastagem no ano de 2003 com projeção para 2030 a partir de Precipitações efetivas provenientes de precipitações máximas com tempo de retorno de 10, 50 e 100 anos. Os resultados demonstram a redução do escoamento superficial, o aumento da infiltração potencial e conseqüentemente redução do pico de vazão de cheias em função do aumento da área de Mata ou Capoeira de 2003 para 2030 e reduções nas áreas de Pasto, Reflorestamento e Agricultura.

Palavras Chaves: Precipitação efetiva, cheias, ciências ambientais

HYDROGRAMS OF FILLS IN THE FUNCTION OF CHANGES IN THE USE AND OCCUPATION OF THE SOIL OF THE SETE VOLTAS HYDROGRAPHIC BASIN IN THE MUNICIPALITY OF TAUBATÉ, SP.

ABSTRACT

The present study aimed to construct hydrographs of floods for the Sete Voltas basin in the municipality of Taubaté-SP, using the unit hydrograph method, due to changes in the areas of permanent preservation (APP), reforestation and pasture in 2003 with projection to 2030 from effective precipitations coming from maximum precipitations with time of return of 10, 50 and 100 years. The results demonstrate the reduction of the superficial flow, the increase of the potential infiltration and consequently reduction of the peak of floods flow due to the increase of the area of Mata or Capoeira from 2003 to 2030 and reductions in the areas of Pasture, Reforestation and Agriculture.

Keywords: Effective precipitation, floods, environmental sciences

1. INTRODUÇÃO

O ciclo hidrológico é um processo natural de evaporação, condensação, precipitação, detenção e escoamento superficial, infiltração, percolação da água no solo e nos aquíferos, escoamentos fluviais e interações entre esses componentes. (Righetto, 1998).

Uma bacia hidrográfica de um curso de água é uma área de captação natural da água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório. Uma bacia pode ser imaginada como um sistema que transforma chuva em vazão. A transformação envolve modificações no volume total da água, já que parte da

chuva infiltra no solo e pode retornar à atmosfera por evapotranspiração, e modificações no tempo de ocorrência, já que existe um atraso na ocorrência da vazão em relação ao tempo de ocorrência da chuva (COLLISCHONN, TASSI, 2008).

O escoamento superficial é uma das fases mais importantes do ciclo hidrológica, pois é nesta fase que é possível verificar o deslocamento da água superficial e a proteção contra os efeitos causados pelo seu deslocamento. Esse tipo de escoamento é presenciado na ocorrência de precipitações e considera o movimento da água de uma pequena chuva que, caindo sobre um solo saturado de umidade, escoam pela superfície (UFB, 2005).

O uso do solo pode alterar as características naturais, modificando as quantidades de água que infiltram, que escoam e que evaporam, alterando o tempo de viagem da água e o comportamento hidrológico de uma bacia. Algumas das mais agressivas formas de modificação do uso e ocupação de uma bacia hidrográfica consistem no desmatamento e na urbanização (TARGA et al., 2012).

A resposta de uma bacia a um evento de chuva depende das características físicas da bacia e das características do evento, como a duração e a intensidade da chuva. Chuvas de mesma intensidade e duração tendem a gerar respostas de vazão (hidrogramas) semelhantes. Chuvas mais intensas tendem a gerar mais escoamento e hidrogramas mais pronunciados, enquanto chuvas menos intensas tendem a gerar hidrogramas mais atenuados, com menor vazão de pico (COLLISCHONN, TASSI, 2008).

De acordo com Porto et al., (1999), o hidrograma pode ser entendido como resposta da bacia hidrográfica, em função de suas características fisiográficas que regem as relações entre chuva e escoamento de uma bacia hidrográfica a uma dada precipitação e a contribuição de um aquífero sendo que os fatores que influenciam a forma do hidrograma são:

Relevo: Bacias íngremes e com boa drenagem têm hidrogramas íngremes com pouco escoamento de base. Bacias com grandes áreas de extravasamento tendem a regularizar o escoamento e reduzir o pico. Bacias mais circulares antecipam e têm picos de vazões maiores do que bacias alongadas.

Cobertura da Bacia: cobertura vegetal tende a retardar o escoamento e aumentar perdas por evaporação.

Modificações artificiais no rio: reservatórios de regularização reduzem os picos de cheia, enquanto canalizações podem aumentar os picos de cheia.

Distribuição, duração e intensidade da precipitação: Chuvas deslocando-se de jusante para montante geram hidrogramas com picos menores (eventualmente dois picos). As chuvas convectivas de grande intensidade e distribuídas numa pequena área podem provocar as grandes enchentes em pequenas bacias. Para bacias grandes, as chuvas frontais são mais importantes.

Solo: Interfere na quantidade de chuva transformada em chuva efetiva.

Um Hidrograma Unitário (HU) é o hidrograma do escoamento direto, causado por uma chuva efetiva unitária (por exemplo, uma chuva de 1mm ou 1 cm), por isso o método é chamado de Hidrograma Unitário. A teoria do hidrograma unitário considera que a precipitação efetiva e unitária tem intensidade constante ao longo de sua duração e distribui-se uniformemente sobre toda a área de drenagem. Adicionalmente, considera-se que a bacia hidrográfica tem um comportamento linear. Com a teoria do hidrograma unitário é possível calcular a resposta da bacia a eventos de chuva diferentes, considerando que a resposta é uma soma das respostas individuais (COLLISCHONN, TASSI, 2008).

Estudos demonstram a influência das ações antrópicas em relação ao escoamento superficial, que podem contribuir para o entendimento da relação chuva-vazão em bacias hidrográficas.

O presente estudo objetivou construir hidrogramas de cheias para a bacia Sete Voltas no município de Taubaté-SP, a partir do método de hidrograma unitário, em função de alterações no uso e ocupação de área de preservação permanente (APP), reflorestamento e pastagem no ano de 2003 com projeções para 2030 considerando tempos de retorno: 10, 50 e 100 anos.

2. MATERIAL E MÉTODO

2.1 Caracterização da área de estudo

O presente estudo foi realizado na bacia hidrográfica Sete Voltas (Figura 1) no município de Taubaté, SP na região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte (RMVPLN). A sub-bacia Sete Voltas compõe a bacia do rio Una, afluente do rio Paraíba do Sul, se localiza na porção sudeste de Taubaté em perímetro rural e no limite com os municípios de Pindamonhangaba, Roseira e São Luiz do Paraitinga. Predomina na sub-bacia o clima subquente úmido, com temperatura média entre 15 e 18 °C em pelo menos um mês e três meses secos (IBGE, 2002), o bioma Mata-Atlântica (IBGE, 2004), as unidades de relevo Depressão do Rio Paraíba do Sul e Serra do Mar (IBGE, 2012).

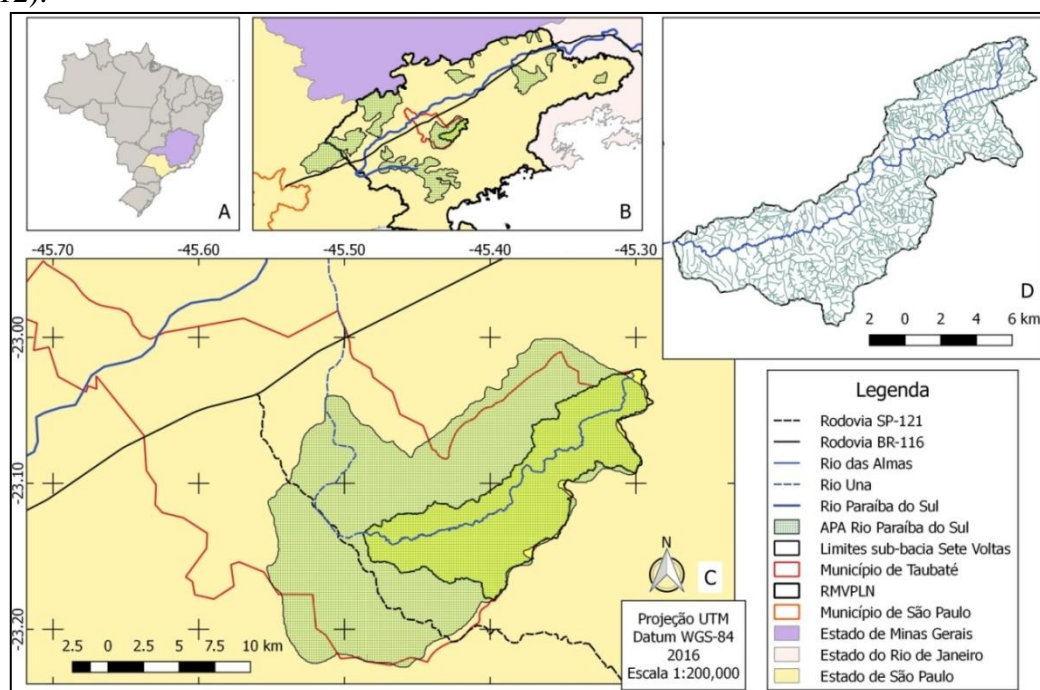


Figura 1. Localização da sub-bacia Sete Voltas: unidades da federação brasileira (A), localização do município de Taubaté na RMVPLN e APA Rio Paraíba do Sul (B), limites da sub-bacia Sete Voltas em Taubaté (C) e rede de Drenagem (D) cedida pelo IPABHi, 2016. Fonte: CARVALHO et al., 2017.

Obteve-se a extensão do curso d'água principal por meio de arquivo vetorial do sistema de drenagem da bacia do rio Una. Extraíram-se as cotas máximas e mínimas a partir das quadrículas 6D (Serra Quebra-cangalha) e 3G (Ribeirão das Almas) de altimetria e uso da terra na escala 1:10.000, projeção Universal Transversa de Mercator (UTM) e datum SAD-69.

O ribeirão Sete Voltas apresenta extensão entre a nascente e o exutório de 36,584 km e uma diferença altimétrica de 600 metros obtida entre as altitudes 1474 metros nas cabeceiras, e os 874 metros de altitude no exutório.

De uma área de 12.127,46 ha da bacia Sete Voltas os latossolos vermelho-amarelos predominam por 6198,6 ha (51,1%) enquanto os argissolos vermelho-amarelos em 5928,8 ha (48,9%)

2.2 Método CN

Para a construção do hidrograma de cheias da sub bacia Sete Voltas, utilizou-se como base os dados de infiltração e escoamento superficial produzidos por Carvalho et al. (2017) na aplicação do método CN.

O método CN envolve os seguintes passos:

- (a) Conversão de chuva em descarga usando o gráfico ou as Equações do Curva-Número (CN);
- (b) Desenvolvimento dessas descargas em um hidrograma da bacia usando a hidrógrafa unitária curvilínea adimensional do NRCS.
- (c) Determinação pico do hidrograma denominada descarga ou vazão de projeto.

O Tempo de Concentração (TC) em minutos da sub-bacia Sete Voltas foi calculado por meio da Eq. 1:

$$T_c = 57 * \left[\frac{L^3}{H} \right]^{0,385} \quad (1)$$

em que L é a extensão do curso d'água em quilômetros e H o desnível entre a cabeceira do rio (cota máxima) até o exutório em metros (cota mínima).

A partir do Tc definiu-se o valor das precipitações intensas para os tempos de retorno de dois a duzentos anos por meio da (Eq. 2) de Martinez Júnior e Magni (1999):

$$i_{t,T} = 54,5294(t + 30)^{-0,9637} + 11,0319(t + 20)^{-0,9116} \times [-0,4740 - 0,8839 \ln \ln \left(\frac{T}{T-1} \right)] \quad (2)$$

em que t, o tempo de duração da precipitação em minutos é igual ao Tc calculado.

A definição das classes de uso do solo (CARVALHO et al, 2017) para a bacia do rio Una para o ano de 2003 (Tabela 1) deu-se a partir de imagens coloridas de alta resolução na escala 1:30.000 e da construção de mosaico ortorretificadas na escala 1:10.000.

Definiram-se os parâmetros do método CN para os grupos hidrológicos A e B adaptando os valores descritos por Setzer e Porto (1979) para bacias rurais na condição dois de umidade antecedente do solo, optando-se pelo maior valor quanto a condição de superfície e situação hidrológica. A média ponderada do CN (CN_{pond}) das classes e tipo de solos foi calculado pela Eq. 3 (Targa, 2011).

$$CN_{pond} = \frac{\sum CN_{classes} \times \text{área}_{classes}}{\text{área}_{bacia}} \quad (3)$$

Tabela 1. Classificação, área e descrição do uso do solo para a sub-bacia Sete Voltas em Taubaté, SP

| Classes de uso do solo | Área (ha) | Descrição de enquadramento |
|-------------------------|-----------|--|
| Agricultura | 91,51 | culturas anuais ou perenes |
| Área Degradada | 1,99 | severa degradação ambiental de origem antrópica ou natural como voçorocas, deslizamentos e desmoronamentos |
| Área Minerada | 21,91 | A vegetação e o solo foram removidos em função da mineração ou obras de engenharia |
| Área Urbanizada | 9,31 | ocupação predominantemente urbana |
| Corpos D'água | 25,57 | drenos visíveis na escala do mapeamento |
| Mata Ou Capoeira | 2918,62 | vegetação natural secundária em estágio médio ou mais preservada |
| Pasto | 6800,94 | pastagens naturais ou antrópicas |
| Pasto Degradado | 171,13 | pastagens onde é expressiva a erosão laminar |
| Pasto Sujo | 850,05 | pastagens em abandono com predominância de arbustos e árvores espaçadas |
| Reflorestamento | 1051,94 | silvicultura como a do <i>Eucaliptus</i> sp. |
| Reflorestamento Cortado | 132,84 | corte raso para a extração da madeira |
| Solo Exposto | 51,66 | solo em preparo para o uso agrícola |
| Total | 12127,46 | - |

Fonte: Batista, et al (2005)

A seguir, calculou-se a Infiltração Potencial (S) em milímetros pela Eq. 4:

$$S = \frac{25400}{CN_{pond}} - 254 \quad (4)$$

Para se calcular o Escoamento Superficial (Q), ou Precipitação efetiva (Pe), em milímetros utilizou-se a Eq. 5:

$$Pe = \frac{(P-0,2 S)^2}{(P+0,8 S)} \quad (5)$$

em que P em milímetros é a precipitação intensa para um dado tempo de retorno (TR) definidas por Martinez Júnior e Magni (1999).

Na metodologia do Hidrograma Unitário (HU) o tempo em horas para cada pulso de chuva ou tempo unitário deve estar entre 0,133 e 0,25 do Tempo de concentração, o tempo entre picos (tp) de chuva e vazão (tempo de retardo da bacia), o tempo de pico de vazão e a vazão de pico são calculados pelas Equações 6, 7.

| | |
|------------------------------------|---------------------------------------|
| $Tp = \frac{tu}{2} + Tl \quad (6)$ | $Qp = 0,208 * \frac{A}{Tp} \quad (7)$ |
|------------------------------------|---------------------------------------|

Em que Tp é o tempo em horas de pico de vazão; tu é o tempo unitário em horas; Tl é o tempo de retardo da bacia em horas; Qp é a Vazão de pico do hidrograma em m³/s e A é a área da bacia em Km².

Para os três cenários de escoamento superficial para 2030 a partir do mapeamento do uso do solo de 2003, mantendo-se os parâmetros para o cálculo do CN previamente definidos e variando-se a área entre as diferentes classes, Carvalho et al.(2017) propuseram a redução de todas as classes (Tabela 2), com exceção das classes Área Urbanizada e Corpos D'água, e o aumento da classe Mata ou Capoeira entre 2003 e a projeção APP para 2030. Para a projeção pastagens observou-se a atribuição de área nula para as classes Pasto Sujo, Reflorestamento e Reflorestamento Cortado, a diminuição da classe Mata ou Capoeira, o incremento da área da classe Pasto de 6800 ha para quase 8500 ha, e a triplicação da área da classe Pasto Degradado para 513,4 ha.

Tabela 2. Áreas por classe de uso do solo da sub-bacia Sete Voltas em 2003 e projeções para 2030 APP, Reflorestamento (Refl.) e Pastagens (Past.)

| Classes de uso do solo | 2003 | 2030 APP | 2030 Refl. | 2030 Past. |
|-------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Agricultura | 91,5 | 76,5 | 76,5 | 91,5 |
| Área Degradada | 2,0 | 0,5 | 0,5 | 2,0 |
| Área Minerada | 21,9 | 16,4 | 16,4 | 21,9 |
| Área Urbanizada | 9,3 | 9,3 | 9,3 | 9,3 |
| Corpos D'água | 25,6 | 25,6 | 25,6 | 25,6 |
| Mata ou Capoeira | 2918,6 | 4687,3 | 5325,5 | 2918,6 |
| Pasto | 6800,9 | 5493,3 | 3674,5 | 8493,5 |
| Pasto Degradado | 171,1 | 150,4 | 0,0 | 513,4 |
| Pasto Sujo | 850,0 | 638,2 | 0,0 | 0,0 |
| Reflorestamento | 1051,9 | 867,7 | 2603,0 | 0,0 |
| Reflorestamento Cortado | 132,8 | 116,9 | 350,8 | 0,0 |
| Solo Exposto | 51,7 | 45,3 | 45,3 | 51,7 |
| Total | 12127,5 | 12127,5 | 12127,5 | 12127,5 |

Fonte: CARVALHO et al.,2017.

3. RESULTADOS E DISCUSÃO

Após estudo de Carvalho et al., (2017), foram identificados e coletado dados referentes a caracterização da sub-bacia (Tabela 3), para elaboração do hidrograma unitário.

O Hidrograma unitário curvilíneo unitário adimensional encontra-se na Figura 4.

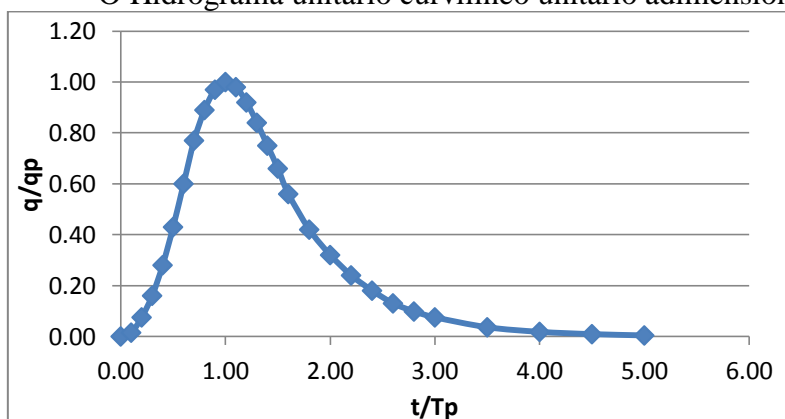


Figura 4. Hidrograma Adimensional.

Fonte: NRCS (2010).

Tabela 3.- Caracterização da sub-bacia Sete Voltas.

| | |
|---|-------|
| Cota Máxima (m) | 1474 |
| Cota Mínima (m) | 600 |
| Diferença de nível em m (H) | 874 |
| Comprimento dos curso d'água em km (L) | 36,58 |
| Área da bacia em Km ² (A) | 121,3 |
| Tempo unitário em h (tu) | 0,58 |
| Tempo de retardo da bacia em h (Tl) | 3,00 |
| Tempo de concentração em h (Tc) | 4,48 |
| Tempo de pico de vazão em h (Tp) | 3,29 |
| Vazão de pico em m ³ /s (Qp) | 7,67 |

A partir dos dados de tempo unitário (tu) de 0,58 h e devido as característica da bacia Sete Voltas que possibilitaram o cálculo do Tempo de concentração em 4,48 h e tempo de retardo de 3,0 h expressos na Tabela 3, observa-se que com a geração de uma precipitação efetiva unitária de 1 mm, a vazão da sub-bacia estudada atingiria um pico máximo de da ordem de 7,67 m³/s em um tempo de pico de vazão de 3,29 h.

O hidrograma unitário para 1mm de Precipitação efetiva (Pe) foi calculado para cada pulso de escoamento produzido em cada intervalo de tempo unitário pela relação $t=(t/Tp)*Tp$ e pela taxa de descarga $Q = q/Qp$ em cada tempo (Figura 2).

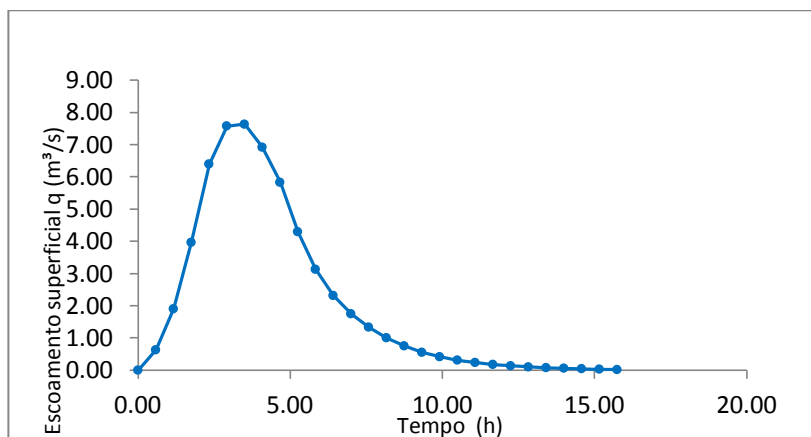


Figura 2. Hidrograma unitário em m³/s produzido por 1mm de Precipitação efetiva sobre a bacia Sete Voltas no município de Taubaté, SP.

Os valores de Precipitação efetiva para Tempo de retorno de 10, 50 e 100 anos para a sub bacia Sete Voltas estão na Tabela 4 (Carvalho et al., 2017). Esses dados foram multiplicados pela vazão de pico Qp unitária para a obtenção do hidrograma de cada uma dessas Precipitações efetivas.

Tabela 4. A Precipitação efetiva (Pe) em milímetros para 2003 e as projeções para 2030 para Tempos de Retorno (TR) de 10, 50 e 100 anos para a sub-bacia Sete Voltas.

| TR (anos) | P (mm) | Pe (mm) 2003 | Pe (mm) 2030 APP | Pe (mm) 2030 Refl. | Pe (mm) 2030 Past. |
|-----------|--------|--------------|------------------|--------------------|--------------------|
| 10 | 86,0 | 5,6 | 3,7 | 1,9 | 7,6 |
| 50 | 110,7 | 13,6 | 10,3 | 7,0 | 16,9 |
| 100 | 121,2 | 17,8 | 14,0 | 10,0 | 21,6 |

Fonte: Adaptado de Carvalho et al (2017)

Conforme se observa na Tabela 4 as Precipitações efetivas (Pe) reduziram drasticamente de 2003 para 2030 em função da melhoria das condições de infiltração de água em cada uso e cobertura proposto para a sub bacia.

Em geral os picos de vazão de cheias (Figura 3) foram reduzidos para os tempos de retorno em função da alteração do uso e ocupação do solo do ano de 2003 para 2030.

Observa-se que em 2003 com a geração de uma precipitação efetiva de 5,6 mm, 13,6 mm e 17,8 mm, para os respectivos tempos de retorno de 10, 50 e 100 anos a sub bacia Sete Voltas atingiria um pico máximo de vazão da ordem de 42,73; 103,78 e 135,83 m³/s.

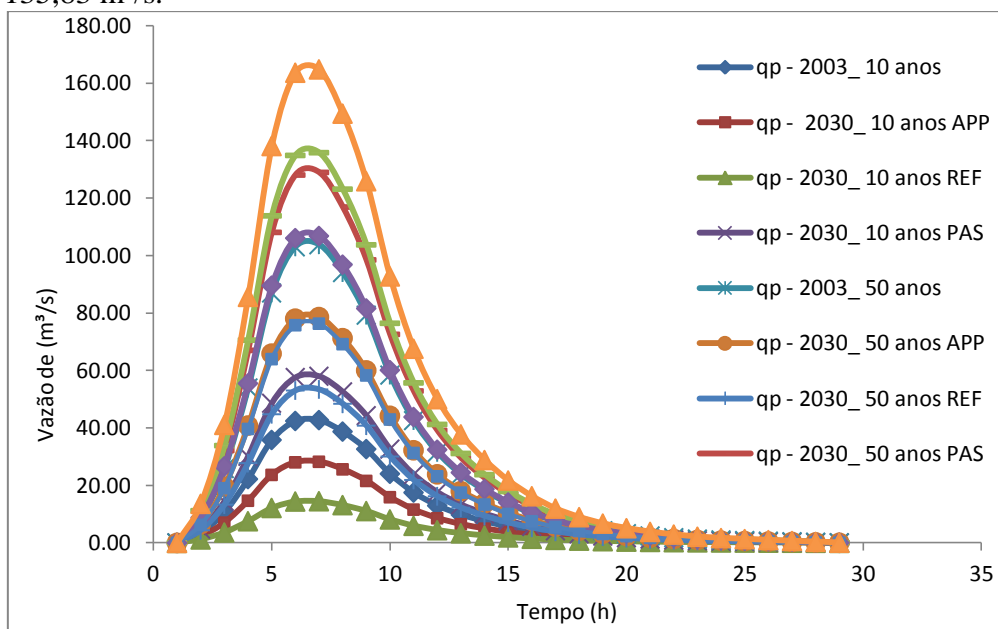


Figura 3- Hidrograma de cheias para o ano de 2003 e projeções para 2030.

Para o ano de 2030 a utilização da área como APP, utilizando-se as precipitações máximas com os tempos de retorno de 10, 50 e 100 anos, chega-se a precipitações efetivas, respectivamente de 3,7; 10,3 e 14 mm. Nessas condições a sub bacia atingiria um pico máximo da ordem de 28,23 ;78,60 e 106,83 m³/s.

Quando se utiliza a projeção reflorestamento para 2030 a ocorrência de precipitações máximas com tempos de retorno de 10, 50 e 100 anos chega-se a precipitações efetivas de 1,9; 7,0 e 10 mm respectivamente. Nessa condição de uso do solo os picos máximos na sub bacia atingiriam 14,50; 53,42 e 76,31 m³/s.

Com relação a projeção da área para utilização como pastagem as precipitações máximas com tempos de retorno de 10, 50 e 100 anos propiciariam precipitações efetivas de 7,6; 16,9 e 21,6 mm, respectivamente. Os picos máximos de vazão na sub bacia atingem a ordem de 57,99; 128,96 e 164,82 m³/s.

4. CONCLUSÕES

A definição do hidrograma unitário curvilíneo para a bacia Sete Voltas possibilitará a obtenção de hidrogramas para qualquer precipitação efetiva que venha ocorrer em função das precipitações intensas.

O aumento da área ocupada por mata ou Capoeira de 60,6% entre 2003 e 2030 só seria possível pela redução das classes de uso Pasto, Reflorestamento e Agricultura, o

que aumentou a infiltração e reduziu o escoamento superficial e consequentemente os picos de cheia sobre a bacia Sete Voltas, revelados pelos hidrogramas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATISTA, G. T. (Ed.) **Estruturação e disponibilização de banco de dados ambientais da bacia do rio Una, bacia do rio Paraíba do Sul**, Contrato FEHIDRO N° 280/2002, Relatório final, 2006.

CARVALHO, L.V de C.; MARTINS, O.; TARGA, M.S. ESTIMATIVA DA INFILTRAÇÃO POTENCIAL E DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL DA SUB-BACIA SETE VOLTAS, TAUBATÉ-SP, PELO MÉTODO DO NÚMERO DA CURVA (CN). Repositório Ciências Ambientais – Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrográficas – IPABHi. p.1-16, 2017.

COLLISCHONN, W.; TASSI, R. **Introduzindo Hidrologia**. Instituto de pesquisas Hidráulicas - IPH/UFRGS, 2011. Disponível em: <http://galileu.iph.ufrgs.br/collischonn/apostila_hidrologia/cap%201%20-%20Introdu%C3%A7%C3%A3o.pdf> Acesso em: 11 nov 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Mapa de biomas do Brasil**. Primeira aproximação. Projeção policônica. Escala 1:5.000.000. 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Mapa de clima do Brasil**. Projeção policônica. Escala 1:5.000.000. 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Mapa de unidades de relevo**. Projeção policônica. Escala 1:5.000.000. 2012.

MARTINEZ JÚNIOR, F.; MAGNI, N. L. G. Equações de chuvas intensas do Estado de São Paulo São Paulo. In: **SÃO PAULO (Estado)**. Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras. Departamento de Águas e Energia Elétrica. Centro Tecnológico de Hidráulica e Recursos Hídricos. São Paulo, 1999. 125p.

NRCS. Estimation of Direct Runoff from Storm Rainfall. In: _____.Hydrology: National Engineering Handbooks. National Resources Conservation Service. Washington: USDA, 1997. Part 630. Cap. 10.

PORTO, R. L. L et al. (1999). **Escoamento Superficial: Análise do Hidrograma**. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. São Paulo

RIGHETTO, A.M. Hidrologia e recursos hídricos. São Carlos: EESC/USP, 1998. 840p.

SETZER, J.; PORTO, R. L. L. Tentativa de Avaliação do Escoamento Superficial de acordo com o solo e o seu recobrimento vegetal nas condições do Estado de São Paulo. In: Boletim Técnico – DAEE, São Paulo, v.2, n.2, 1979.

TARGA, M.S. VAZÃO DE PROJETO EM BACIAS HIDROGRÁFICAS RURAIS COM ÁREAS EM DECLIVE. Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade de Taubaté - UNITAU, **Repositório Eletrônico Ciências Agrárias**, Coleção Recursos Hídricos, (<http://www.agro.unitau.br/dspace>). p. 1 -20, 2011.