

# OBTENÇÃO DE UM HIDROGRAMA DE UM TRECHO DO RIO MUCURI-MINAS GERAIS

Keila Teixeira de Azevedo<sup>1</sup>; Carlos Henrique Alexandrino<sup>1</sup>;

Denise Passos Ferreira Moreira <sup>2</sup>; Gleyson Alves Pereira<sup>3</sup> & Brennda Heloar Dias Rocha<sup>4</sup>

**Resumo:** *A falta de informações de pequenas bacias hidrográficas é um atraso para o estudo e para prever certos problemas hidrológicos como o assoreamento do rio, enchentes. Este trabalho foi elaborado para determinar um hidrograma do rio mucuri. O hidrograma mostra como o rio esta se comportando com o passar dos anos e quais as consequências das interferências humanas. Como o rio mucuri é o principal do vale do mucuri, localizado ao leste do estado de Minas Gerais, é se suma importância avaliar suas condições para o futuro.*

**Palavras-Chave:** *hidrograma unitário, hidrologia, rio mucuri.*

**Abstract:** *The lack of information of small watersheds is a delay for its study and to predict certain hydrological problems such as the siltation of river flooding. This study was designed to determine hydrograph of Mucuri River. The hydrograph shows the river behavior over the years and what are the consequences of human interference. As the river is the main river of the Mucuri Valley, located east of the state of Minas Gerais, it is extremely important to assess its future conditions.*

**Keywords:** *unit hydrograph, hydrology, Mucuri River.*

## 1. INTRODUÇÃO

Com o passar dos anos o crescimento populacional vem aumentando consideravelmente, isso acarreta varias mudanças nos recursos naturais, com destaque aos recursos hídricos. Em consequência, as bacias hidrológicas têm sofrido sérios danos, por isso o seu estudo é de extrema importância para o melhor conhecimento das suas atuais condições e o que essa interferência tem causado. Porém dados sobre as mesmas são bem precário devido á pequena rede de postos hidrológicos e series de vazões observadas de curta extensão. Neste caso, segundo GENOVEZ (1991) e KÖPP & PAIVA (1993), uma das melhores opções ao projetista é a utilização do hidrograma.

As mudanças em uma bacia têm consequências diretas nas cidades que ela compreende, principalmente as mais industrializadas. Os centros urbanos vêm sofrendo com as grandes enchentes, falta de água para abastecimento o que tem lhes causados enormes prejuízos, isso se dá pelo uso inadequado dos recursos hídricos, a falta de infraestrutura, dentre outros. Essas mudanças podem ser bem observadas na variação de um hidrograma, podendo assim prever e ajudar na solução.

A microbacia do rio Mucuri também vem sofrendo com esses problemas que na maioria das vezes são causados pelo uso inapropriado e/ou exagerado de seus recursos. Esses tipos de problemas são de difícil solução, uma vez que, o crescimento populacional é ascendente e as soluções dependem da consciência de quem usufrui destes. Uma forma de diminuir as consequências seria a implementação de leis mais rigorosas e eficientes, visando assim, uma melhor utilização dos recursos naturais.

Para entender o que está acontecendo com rio Mucuri ao longo dos anos, este trabalho foi realizado com o intuito de determinar o seu comportamento em relação à vazão/tempo. O hidrograma seria uma forma de mostrar a real situação, e desta maneira encontrar alternativas viáveis para a utilização da água sem prejudicar o rio em questão.

O objetivo deste trabalho é a obtenção do hidrograma para o rio Mucuri, localizado na bacia do Rio Mucuri no Estado de Minas Gerais, obtendo-se assim o hidrograma unitário, de uma estação fluviométrica levando em consideração os dados de chuvas e vazões.

## **1. REVISÃO LITERÁRIA**

### **2.1 Hidrograma**

De acordo com Magalhães (1989) o hidrograma em uma determinada parte do rio pode ser interpretado com o resultado de vários fatores como: os fisiográficos; os hidrometeorológicos; e os processos hidrológicos de uma bacia hidrográfica. Podendo ser determinado como a resposta de uma dada bacia hidrográfica, em função da quantidade de precipitação que ela recebe, sendo esta responsável pelas relações entre chuva e escoamento. Portanto, é muito importante o seu estudo, devido a sua grande utilidade para compreender as mudanças da bacia e proteção de cheias, por exemplo.

### **2.2. Características de um hidrograma**

A bacia hidrográfica é o elemento fundamental de análise no ciclo hidrológico, principalmente na sua fase terrestre, que engloba a infiltração e o escoamento superficial, como é exposto por Silveira (1993), ela pode ser definida como um sistema através uma variável de entrada, como a precipitação, é transformada em uma variável de saída, como a vazão, por diversos processos hidrológicos.

A distribuição da precipitação pela bacia ocorre em dois estágios, sendo que o primeiro começa quando a precipitação chega à bacia e uma parte dela é interceptada pela vegetação do terreno, dependendo dos obstáculos e características do terreno. A outra parte ainda no primeiro estágio irá atingir diretamente o solo ou os rios. Quando entra em contato com o solo parte dessa água é infiltrada, sendo necessário considerar a capacidade de infiltração e umidade do solo. Essa água infiltrada no solo alimentará o lençol freático e quando atingir a capacidade máxima de infiltração inicia o último estágio. O excedente de água irá escoar pela superfície até o encontro com o rio formando a vazão superficial de saída do sistema também denominado como escoamento superficial.

Sherman (1932) propõe o estudo separado dos dois escoamentos, uma vez que no geral, o escoamento superficial é maior em relação ao escoamento básico e se comportam de maneira distinta. O escoamento superficial atinge o curso d'água mais rápido e em grandes quantidades, enquanto o escoamento básico demora contribuir com o curso d'água, pois este tem que infiltrar no solo e atingir o lençol freático para depois se deslocar para o rio.

### **2.3. Separação do escoamento**

A Figura (1) ajuda a entender a separação entre escoamento superficial e de base, que pode ser simplificada como um traço de uma linha horizontal através do hidrograma unindo os pontos "A" e "C" por meio de uma reta, definindo assim, a parte superior desta reta como o escoamento superficial e a parte inferior como escoamento básico. É notório ainda na Figura (1) que o ponto "A" pode ser caracterizado pelo início da ascensão do hidrograma, o ponto "C" é caracterizado pelo término do escoamento superficial e pelo início da recessão, ou pela mudança de declividade do hidrograma, já o ponto "B" pode ser definido como estando alinhado ao pico do hidrograma.

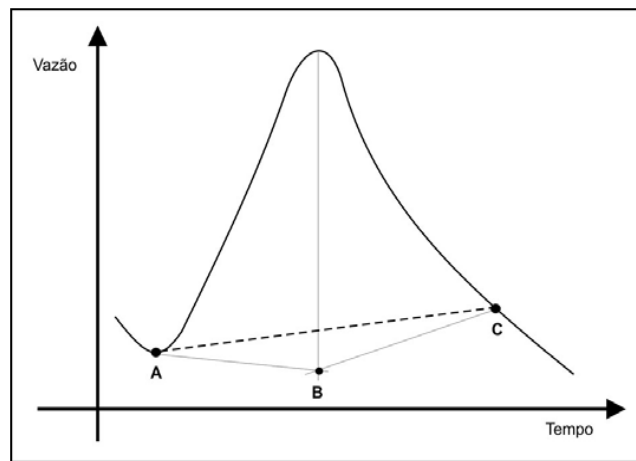


Figura (1) - Separação dos escoamentos superficial e subterrâneo.

## 2.4 Modelos hidrológicos

Os processos ambientais no mundo real são geralmente bastante complexos e de difícil representação, principalmente por serem tridimensionais e dependentes do tempo. Tal complexidade dificulta a expressão desses processos físicos em equações matemáticas detalhadas, sendo que essas equações podem nem existir ou serem complexas. Essa situação tornaria o estudo bem complicado por isso os métodos busca simplificar ao máximo esses processos.

De acordo com Hooper et al. (2004) o modelo hidrológico integra dados de disciplinas relacionadas com ecologia, água e ciência dos solos, tendo como objetivo descrever e quantificar os processos que formam o escoamento causado pela precipitação sobre uma bacia hidrográfica, com base nos dados históricos observados e, a partir disso, fornecer uma estimativa para os escoamentos futuros.

## 2.5. Modelo de hidrograma unitário

### 1.5.1 Definição hidrograma unitário

Tucci (2001) apresentou o seu método do hidrograma unitário e o definiu assim: “Hidrograma Unitário é um hidrograma com um volume unitário de deflúvio direto resultante de chuva de duração unitária uniformemente distribuída sobre uma dada bacia contribuinte e de intensidade constante”.

Segundo Porto et al. (1999) outra definição é um hidrograma de escoamento superficial direto, onde a área sob esta curva corresponde a um volume unitário de escoamento direto, resultante de uma chuva efetiva com intensidade e duração unitárias, ou seja, uma chuva 1mm de duração de uma 1h pode ser adotada como chuva unitária e adota-se que essa chuva seja uniformemente distribuída pela bacia em estudo.

A relação existente entre a quantidade e a intensidade de chuva com o hidrograma por ela produzido é notável. Esta relação é baseada no conceito básico do hidrograma unitário: Se duas chuvas de mesma intensidade ocorrem sobre uma bacia de drenagem, adotando que as condições físicas da bacia são análogas momentos antes da ocorrência de cada chuva, deduz-se que os hidrogramas de deflúvio direto das duas chuvas são supostamente iguais.

Para obtenção do hidrograma primeiro calculamos a precipitação efetiva por meio da equação:

$$P_e = \frac{V_{tes}}{A_b} \quad (1)$$

onde:

$P_e$  = precipitação efetiva em mm;

$V_{tes}$  = volume total escoado superficialmente em m<sup>3</sup>;

$A_b$  = área da bacia em km<sup>2</sup>.

Através dos resultados de vazão do escoamento superficial e da precipitação efetiva é possível chegar ao hidrograma unitário fazendo:

$Q_{hi}$  \_\_\_\_\_ 1 mm

$Q_i$  \_\_\_\_\_  $P_e$

Assim:

$$Q_{hu} = \frac{Q_i}{P_e} 1mm \quad (2)$$

onde:

$Q_{hu}$  = vazão do hidrograma unitário no instante  $t_i$  m<sup>3</sup>/s;

$Q_i$  = vazão do hidrograma estudado no instante  $t_i$  m<sup>3</sup>/s;

$P_e$  = precipitação efetiva em mm.

## 2.6 O programa Siscah

O SisCAH (Sistema Computacional para Análises Hidrológicas) foi o programa que auxiliou e facilitou os cálculos e gráficos para elaboração deste trabalho. Este programa é um aplicativo que utiliza métodos consagrados de análise de vazões em cursos d'água e informações coletadas diariamente em postos fluviométricos.

Este importa dados hidrológicos do site da ANA (Agencia Nacional de Águas), e a partir desses dados é possível obter o hidrograma do rio em estudo, que neste trabalho é o rio Mucuri.

## 5. ÁREA DE ESTUDO

A região do Vale do Mucuri, que se encontra na porção leste do estado de Minas Gerais, é uma das doze mesorregiões do estado. Com uma extensão de aproximadamente 23,2 mil km<sup>2</sup> é formado por 27 municípios, com uma diversidade rica, com áreas de mata atlântica e com transição para o cerrado.

O rio Mucuri está inserido à região do Vale do Mucuri, sendo o maior abastecedor de água da mesma. De acordo com o IGAM (Instituto Mineiro de Gestão das Águas - 2014) a bacia do rio mucuri compreende cerca de treze municípios, com uma área de drenagem de aproximadamente 14.640 km<sup>2</sup> e com um clima considerado semiúmido.

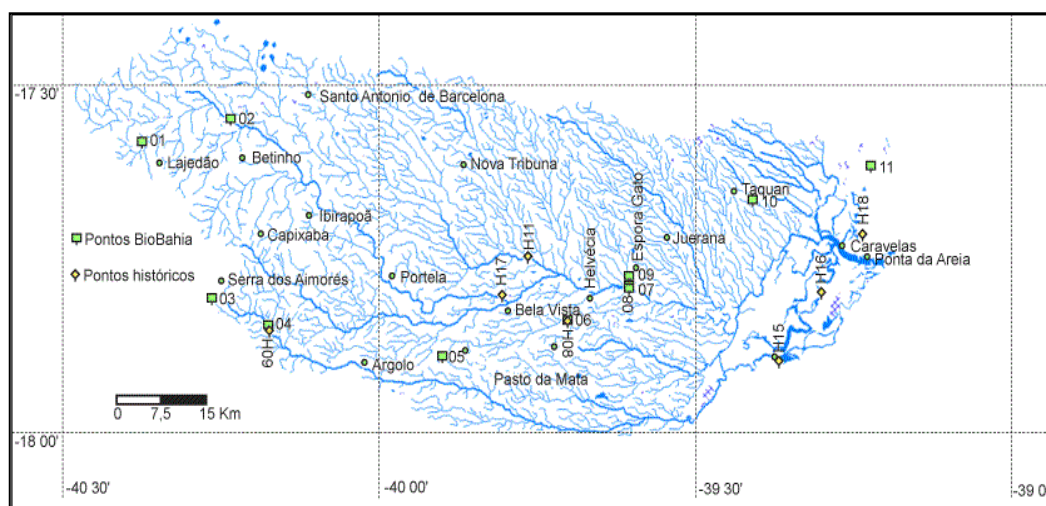


Figura (2)– Mapa do Rio Mucuri. Modificado IGAM (2014).

De acordo com Felipe et al. (2009), a vegetação da Bacia é composta por quatro tipos predominantes: Floresta Ombrólia Densa, Floresta Ombrólia Aberta, Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Estacional Decidual. É notável em toda bacia que as áreas de mata existentes são poucas e a maioria delas se encontram restritas entre pastagens, rodovias, cultivos e áreas urbanas, por terem sido altamente degradadas pelo intenso uso ao longo do século.

A Cetec (1983) expõe que a bacia do rio Mucuri faz parte de um conjunto de bacias que são consideradas independentes por terem como finalidade a drenagem de toda a região leste do país. Tendo 15.100Km<sup>2</sup> como área total onde aproximadamente 94% se encontram dentro do estado de Minas Gerais. Uma forte característica da bacia do rio Mucuri é a definição de duas estações que

são: a de seca e a chuvosa; com maiores vazões no período compreendido entre o mês de novembro ao mês de abril.

Como Pompeu e Martinez (2006) apresentam, o centro do rio Mucuri pode ser dividido em duas unidades ambientais conforme suas qualidades fisiográficas: o seu alto e médio curso mostra uma maior declividade, com predominância de corredeiras possuindo fundo de pedra; o seu baixo curso, no entanto, é caracterizado como um sistema de deposição, por possuir uma baixa declividade, fundo com domínio arenoso, encontrando no território a presença de Mata Atlântica sazonalmente alagada, aplicado na plantação de cacau, e áreas de mangues e brejais. Essa divisão de unidades ambientais se dá junto à divisa dos estados de Minas Gerais e Bahia.

#### **4. METOLOGIA**

Para desenvolvimento deste trabalho, com intuito de escolher um ponto no rio Mucuri e assim conhecer suas características históricas, pesquisaram-se dados coletados pela a ANA (Associação Nacional de Água). Depois da observação dos dados o ponto escolhido foi o de código 55520001, denominado Mucuri, com uma série histórica de cotas compreendida entre o ano de 1967 a 2005.

Tentando entender a real situação do rio Mucuri esse trabalho usará um o modelo hidrológico para previsão de cenários futuros em função de mudanças no uso da terra, mudanças climáticas, etc. Esse modelo poderá ser usado para atender/auxiliar os tomadores de decisões no planejamento ambiental e nos recursos hídricos, sendo este processado pelo o software SisCAH (Sistemas Computacionais para Análises Hidrológicas).

Após conhecido o ponto a ser estudado, para se trabalhar com o modelo hidrológico importou-se os dados para o início de um pré-processamento, a modificação do período hidrológico também constituiu esse pré-processamento, uma vez que o mês escolhido para o início do ano hidrológico foi o mês de outubro. Logo após este processo foi necessário estabelecer dois critérios: descartar anos e meses com falhas. Acessou o módulo de hidrograma, como mostra na Figura (3), sendo é possível obter um hidrograma e assim poder analisá-lo.

SISCAH 1.0 (gghn.sch)

Arquivo Exibir Série Vazões Ferramentas Ajuda

Importar Abrir Salvar Pré-processamento Máximas Médias Mínimas Regularização Permanência **Hidrograma**

Cód. da Estação: 55700000 Nome da estação: NANUQUE Início do Ano Hidrológico: Outubro

Mês	Situação	% Falhas	Dia 01	Dia 02	Dia 03	Dia 04	Dia 05	Dia 06	Dia 07	Dia 08	Dia 09	Dia 10	Dia 11	Dia 12	Dia 13	Dia 14	Dia 15	Dia 16	Dia 17	Dia 18
Jan/1943	Descartado	100%																		
Fev/1943	Descartado	100%																		
Mar/1943	Descartado	0%	89,70	85,00	83,50	82,00	80,50	82,00	89,70	96,20	112,00	125,00	155,00	185,00	195,00	197,00	207,00	190,00	167,00	167,00
Abri/1943	Descartado	0%	121,00	116,00	119,00	148,00	183,00	176,00	165,00	155,00	134,00	123,00	118,00	103,00	102,00	105,00	105,00	103,00	105,00	105,00
Mai/1943	Descartado	0%	105,00	105,00	105,00	105,00	98,20	96,50	94,80	93,10	91,40	89,00	88,00	83,50	80,50	79,00	79,00	82,00	85,00	83,50
Jun/1943	Descartado	0%	88,00	83,50	82,00	79,00	79,00	85,00	88,00	88,00	82,00	79,00	76,00	73,00	73,00	73,00	73,00	73,00	73,00	77,50
Jul/1943	Descartado	0%	70,30	68,90	70,30	70,30	67,60	67,60	64,90	64,90	64,90	64,90	67,60	68,90	68,90	74,50	85,00	88,00	88,00	88,00
Ago/1943	Descartado	0%	62,10	62,10	59,40	59,40	57,00	57,00	54,50	54,50	54,50	54,50	57,00	57,00	59,70	54,50	53,30	50,90	45,60	49,60
Set/1943	Descartado	0%	45,10	45,10	44,00	44,00	45,10	50,90	57,00	62,10	64,90	66,20	74,50	82,00	73,00	67,60	63,50	60,80	60,80	58,20
Out/1943	Considerado	0%	40,80	40,80	39,70	39,70	40,80	42,90	44,00	47,20	48,40	46,10	42,90	40,80	40,80	38,60	38,60	39,70	53,30	74,50
Nov/1943	Considerado	0%	105,00	88,00	79,00	79,00	77,50	68,90	71,60	70,30	67,60	64,90	63,50	62,10	60,80	58,20	57,00	58,20	70,30	73,00
Dez/1943	Considerado	0%	254,00	214,00	204,00	243,00	279,00	345,00	381,00	437,00	437,00	368,00	308,00	251,00	202,00	178,00	163,00	163,00	190,00	209,00
Jan/1944	Considerado	0%	235,00	230,00	207,00	187,00	181,00	170,00	161,00	157,00	142,00	140,00	134,00	123,00	121,00	114,00	109,00	105,00	105,00	102,00
Fev/1944	Considerado	0%	116,00	105,00	99,90	93,10	88,00	86,50	118,00	153,00	219,00	235,00	227,00	207,00	202,00	187,00	185,00	178,00	163,00	155,00
Mar/1944	Considerado	0%	88,00	83,50	79,00	79,00	76,00	76,00	73,00	73,00	70,30	71,60	73,00	73,00	73,00	79,00	79,00	77,50	73,00	76,00
Abri/1944	Considerado	0%	131,00	123,00	118,00	112,00	107,00	102,00	98,20	89,70	86,50	85,00	83,50	88,00	86,50	86,50	85,70	103,00	107,00	116,00
Mai/1944	Considerado	0%	96,50	91,40	88,00	85,00	85,00	85,00	85,00	82,00	79,00	85,00	88,00	88,00	85,00	82,00	80,50	76,00	73,00	73,00
Jun/1944	Considerado	0%	91,40	88,00	85,00	82,00	77,50	76,00	82,00	79,00	79,00	79,00	77,50	76,00	73,00	73,00	70,30	70,30	70,30	67,60
Jul/1944	Considerado	0%	59,40	60,80	66,20	77,50	85,00	88,00	83,50	82,00	77,50	67,60	63,50	62,10	59,40	59,40	57,00	57,00	59,40	60,80
Ago/1944	Considerado	0%	66,20	77,50	80,50	73,00	73,00	74,50	85,00	88,00	88,00	82,00	77,50	73,00	77,50	85,00	83,50	83,50	77,50	74,50
Set/1944	Considerado	0%	60,80	59,40	57,00	54,50	52,10	52,10	50,90	49,60	49,60	49,60	49,60	52,10	62,10	76,00	66,20	60,80	54,50	54,50
Out/1944	Considerado	0%	52,10	49,60	50,90	52,10	53,30	57,00	55,70	50,90	47,20	45,10	45,10	41,80	40,80	40,80	44,00	40,80	41,80	45,10
Nov/1944	Considerado	0%	77,50	112,00	157,00	174,00	165,00	153,00	121,00	96,50	76,00	60,80	57,00	58,20	58,20	57,00	53,30	52,10	49,60	49,60
Dez/1944	Considerado	0%	121,00	110,00	114,00	136,00	150,00	219,00	236,00	212,00	236,00	251,00	254,00	243,00	238,00	212,00	213,00	207,00	195,00	181,00
Jan/1945	Considerado	0%	437,00	495,00	489,00	348,00	299,00	262,00	243,00	243,00	298,00	282,00	276,00	351,00	596,00	879,00	858,00	654,00	488,00	416,00
Fev/1945	Considerado	0%	299,00	284,00	265,00	235,00	209,00	192,00	185,00	185,00	187,00	202,00	212,00	222,00	209,00	202,00	187,00	181,00	163,00	163,00
Mar/1945	Considerado	0%	112,00	118,00	119,00	131,00	170,00	199,00	207,00	214,00	212,00	195,00	170,00	155,00	148,00	163,00	183,00	185,00	203,00	202,00
Abri/1945	Considerado	0%	209,00	217,00	259,00	667,00	572,00	564,00	508,00	444,00	412,00	368,00	320,00	279,00	243,00	232,00	217,00	209,00	209,00	214,00
Mai/1945	Considerado	0%	167,00	167,00	167,00	165,00	165,00	161,00	148,00	142,00	142,00	140,00	140,00	136,00	136,00	134,00	133,00	131,00	144,00	150,00

Figura (3) – Tabela principal da estimativa de um hidrograma. SISCAH

## 5. RESULTADO E CONCLUSÃO

A Figura (4) mostra o resultado quando acessou o módulo hidrograma, automaticamente é apresentado o hidrograma do período de coleta de dados no ponto estudado. Observamos nesta imagem que existem quatro picos elevados, o que indica aumento da vazão do rio. Pode-se observar que a partir dos 1994, 1995 o escoamento superficial diminuiu de forma gradativa. Esse fenômeno mostra uma mudança do regime hídrico do rio.

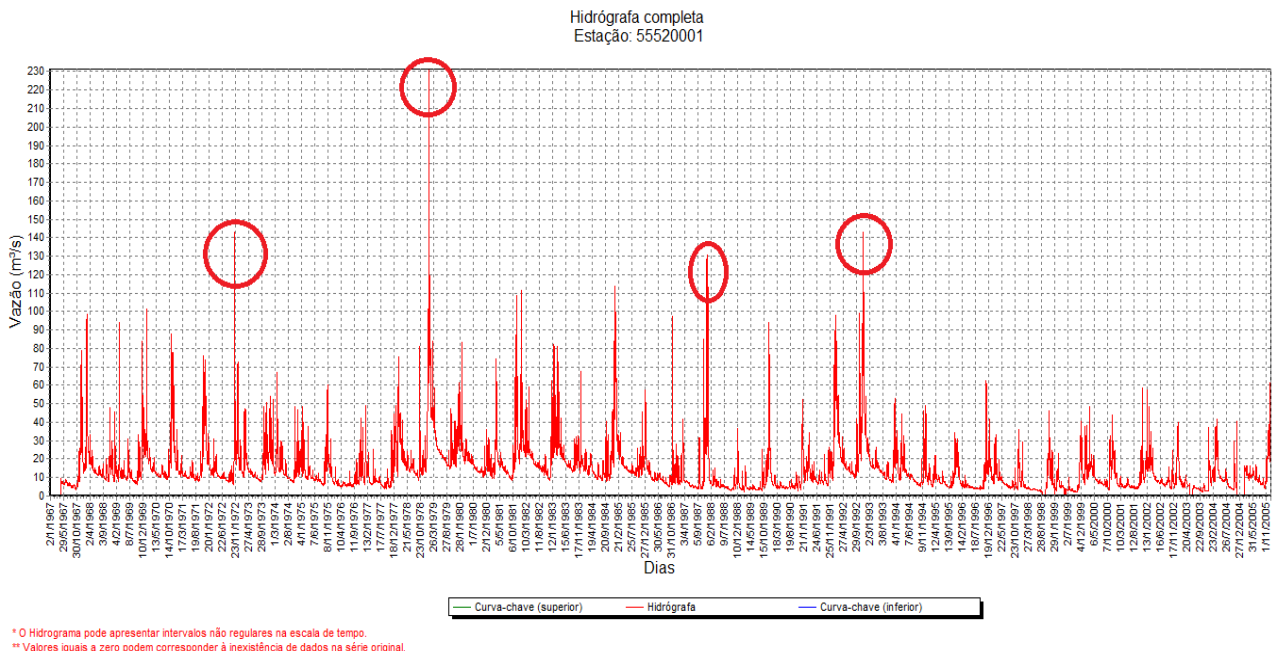


Figura (4) – Hidrograma resultante do ponto em análise. SISCAH.

Os picos ocorreram em média em 10 anos, sendo assim é possível estimar o regime de cheia do rio. Porém a partir do ano 1993 observar-se que não ocorrem mais picos elevados, o que indica



uma diminuição na vazão do rio. Essas mudanças no comportamento do rio podem ser geradas por alguns fatores como: a irrigação e o abastecimento de produtores rurais; o crescimento populacional descontrolado que causa mudanças no escoamento da água no solo, em virtude do asfalto proveniente do calçamento das ruas impossibilitando a infiltração da água; as mudanças climáticas que iram influenciar diretamente na precipitação.

É notório que será necessário um estudo aprofundado deste trecho do rio Mucuri, desta forma, conclui-se que uma medida viável será a estimativa da vazão máxima desse ponto, afinal dessa maneira é possível realizar um estudo da capacidade máxima de água que este rio suportar e identificar claramente os índices de enchentes, propondo medidas capazes de solucionar e/ou mitigarem a diminuição da vazão do rio.

## **6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- MORAIS, D. S. L. e JORDÃO, B. Q. **Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana**. Ver. Saúde Pública 2002; 36(3): 370-4p.
- SILVEIRA, A. L. da e DESBORDES, M. **Modelo hidrológico distribuído urbano com poucos parâmetros**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos- RBRH, v. 4, n. 1. p.35-48, jan./mar. 1999.
- TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. Porto Alegre: ABRH/UFRGS, 2001. 943p.
- TUCCI, C. E. M.. **Modelos Hidrológicos**. 2. ed. Porto Alegre: Ed. Da UFRGS: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2005.
- PORTO, R. L. L et al. (1999). **Escoamento Superficial: Análise do Hidrograma**. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. São Paulo
- MAZIERO, E. (2010). **Histograma Tempo/Área Geoprocessado: Uso em Modelo Chuva-Vazão Concentrado**. UFSN. Santa Maria, RS.
- PIO E. D. (1999) **Regionalização do Hidrograma Unitário Sintético e dos Coeficientes do Hidrograma Unitário Sintético de Snyder para Pequenas Bacias Rurais do Estado de São Paulo**. UNICAMP. Campinas, SP
- SILVA, J. M. A. et al. (2006) **Metodologia para Obtenção do Hidrograma de Escoamento Superficial em Encostas e Canais. Parte I: Desenvolvimento e Avaliação**. Eng. Agrícola, Jaboticabal, SP.