

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO DE JOINVILLE
CURSO DE ENGENHARIA DE INFRAESTRUTURA

CARLA SCHWARZ

ANÁLISE HIDROLÓGICA DA BACIA DO RIO PIRAÍ

Joinville

2017

CARLA SCHWARZ

ANÁLISE HIDROLÓGICA DA BACIA DO RIO PIRAÍ

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Infraestrutura no Curso de Engenharia de Infraestrutura da Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico de Joinville.

Orientadora: Me. Simone Malutta

Joinville

2017

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar gostaria de agradecer a Deus, por estar sempre presente em minha vida, que a longo desses anos na universidade, me deu força e sabedoria para que eu pudesse chegar ate aqui.

Aos meus Pais, Amaury e Rosângela e meu irmão Bruno que foram fundamentais durante todos esses anos, sempre estiveram presentes me ajudando em tudo que lhes era possível com muito amor, e me motivando a alcançar meus objetivos, mostrando que com muita dedicação posso chegar aonde eu quero.

A minha grande amiga Ana, que é a minha irmã de coração, que esta comigo desde o primeiro semestre da universidade, onde juntas dividimos muitos momentos bons. Obrigada pelo seu apoio e por sempre estar presente.

A minha orientadora Simone Malutta, por sua dedicação, paciência e confiança, por nunca ter desistido de mim, me acolhendo e me ajudando a superar as dificuldades encontradas na realização deste trabalho.

E a todos aos amigos que a universidade me proporcionou, em especial, Bárbara, Gabriela, José Augusto, Maria Carolina, Mariana, Thainara e Vanessa, que de alguma maneira vocês me ajudaram estar aqui, com noites de estudos, finais de semana fazendo trabalho, ou simplesmente aquele apoio nas horas difíceis.

Enfim, a todos os envolvidos e aos que acreditaram em mim, o meu muito obrigada!

RESUMO

Estudos hidrológicos que envolvem a quantificação das vazões máximas de projeto são uma das tarefas mais importantes da hidrologia, pois é com a obtenção destas quantificações que se é possível desenvolver o dimensionamento de estruturas hidráulicas. Para este caso o cálculo de vazões máximas foi feito de maneira indireta a partir de dados de precipitação e com o auxílio de modelagens matemáticas, transformando chuva em vazão. Um modelo muito utilizado e que foi adotado neste estudo foi o HEC-HMS – *Hydrologic Modeling System* do *Hydrologic Engineering Center* dos Estados Unidos.

Para este trabalho a análise foi na Bacia Hidrográfica do Rio Pirai sendo avaliado a simulado vazões para três sub-bacias, onde em uma dessas sub-bacias será implantado uma nova estação de tratamento, sendo assim importante esta análise para futuros estudos. Porém como será descrito os valores encontrados não foram totalmente satisfatórios devido a alguns fatores existentes nas sub-bacias. O trabalho em questão poderá contribuir à futuros estudos hidrológicos nesta bacia hidrográfica.

Palavras-chave: HEC-HMS. Vazões máximas. Bacia Hidrológica do Rio Pirai.

ABSTRACT

Hydrological studies involving the quantification of maximum design flows are one of the most important tasks of hydrology, since it is with these quantifications that it is possible to develop the design of hydraulic structures. For this case the calculation of maximum flows was done indirectly from precipitation data and with the aid of mathematical models, transforming rainfall into flow. A widely used model that was adopted in this study was the HEC-HMS - Hydrologic Modeling System of the Hydrologic Engineering Center of the United States.

For this work the analysis was in the Pirai River Basin being evaluated the simulated flows to three sub-basins, where in one of these sub-basins a new treatment station will be implanted, being therefore important this analysis for future studies. However as will be described the values found were not totally satisfactory due to some factors existing in the sub-basins. The work in question may contribute to future hydrological studies in this hydrographic basin.

Keywords: HEC-HMS. Maximum flow rates. Hydrological Basin of the Pirai River.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Aspectos de classificação de modelos hidrológicos.	14
Figura 2 - Bacia do Rio Pirai.	19
Figura 3 - Organograma do trabalho.	30
Figura 4 - Modelo Digital de Elevação.	33
Figura 5 - Delimitação das Sub-Bacias.	34
Figura 6 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo.	36
Figura 7 - Mapa de Classificação do Solo.	39
Figura 9 - Hietograma Tempo de Retorno 2 anos.	45
Figura 10 - Hidrograma Tempo de Retorno 2 anos.	46
Figura 11 - Hidrograma Tempo de Retorno 5 anos.	46
Figura 12 - Hidrograma Tempo de Retorno 10 anos.	47
Figura 13 - Hidrograma Tempo de Retorno 50 anos.	47
Figura 14 - Hidrograma Tempo de Retorno 100 anos.	48
Figura 15 - Hietograma Tempo de Retorno 5 anos.	52
Figura 16 - Hietograma Tempo de Retorno 10 anos.	52
Figura 17 - Hietograma Tempo de Retorno 50 anos.	53
Figura 18 - Hietograma Tempo de Retorno 100 anos.	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Pesquisa envolvendo a utilização do modelo HEC-HMS.	17
Tabela 2 - Valores de CN para bacias rurais.	25
Tabela 3 - Valores de CN para bacias urbanas.	26
Tabela 4- Dados Principais das Sub-bacias.	32
Tabela 5- Áreas de Uso e Ocupação do Solo.	37
Tabela 6- Classificação dos Solos.	37
Tabela 7 - Tipo de solos ETA.	40
Tabela 8 - Tipo se solos ETA Nova.	40
Tabela 9 - Tipo se solos Ponte SC-301.	41
Tabela 10 - Dados de entrada para simulação inicial.	41
Tabela 11 - Dados de entrada para calibração.	43
Tabela 12 - Eventos e análise de desempenho ETA.	44
Tabela 13 - Eventos e análise de desempenho Ponte SC-301.	45
Tabela 14 – Eventos 2008, ETA.	53
Tabela 15 - Eventos 2009, ETA.	55
Tabela 16 - Eventos 2010, ETA.	56
Tabela 17 - Eventos 2011, ETA.	58
Tabela 18 - Eventos 2012, ETA.	59
Tabela 19 - Eventos 2013, ETA.	60
Tabela 20 - Eventos 2014, ETA.	62
Tabela 21 - Eventos 2015, ETA.	63
Tabela 22 - Eventos 2013, Ponte SC-301.	65
Tabela 23 - Eventos 2014, Ponte SC-301.	66
Tabela 24 - Eventos 2014, Ponte SC-301.	67

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - ETA.....	42
Gráfico 2 - Ponte SC-301.	42
Gráfico 3 – ETA, 2012.	43
Gráfico 4 - Ponte SC-301, 2015.	44
Gráfico 5 - ETA, 2009.....	69
Gráfico 6 - ETA, 2010.....	69
Gráfico 7 - ETA, 2011.....	70
Gráfico 8 - ETA, 2013.....	70
Gráfico 9 - ETA, 2014.....	70
Gráfico 10 - ETA, 2015.....	71
Gráfico 11 – Ponte SC-301, 2013.....	71
Gráfico 12 – Ponte SC-301, 2014.....	71

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1. OBJETIVOS.....	11
1.1.1. Objetivo Geral	11
1.1.2. Objetivos Específicos	11
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
2.1. ESTIMATIVA DE VAZÃO MÁXIMA	12
2.2 MODELOS HIDROLÓGICOS.....	13
2.3. O MODELO HEC-HMS	15
3. ÁREA DE ESTUDO	18
3.1 LOCALIZAÇÃO.....	18
3.2 CLIMA	19
3.3 USOS DO SOLO E COBERTURA VEGETAL.....	20
3.4 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA	20
4. MATERIAIS E MÉTODOS	21
4.1 MATERIAIS	21
4.2 MÉTODO	22
4.2.1 Método SCS.....	22
4.2.2 Modelagem Hidrológica – HEC-HMS	28
4.2.2.1 Organograma	30
4.2.3 Método dos Blocos Alternados	30
4.2.4 Calibração e Análise de desempenho do Modelo.....	31
4.2.4.1 Análise de desempenho	31
5. RESULTADOS	32
5.1 MAPAS	32

5.1.1 Delimitação da Bacia Hidrográfica	32
5.1.2 Delimitação das Sub-Bacias	34
5.1.3 Uso e Ocupação do Solo.....	35
5.1.4 Classificação do Solo	37
5.2 SIMULAÇÃO INICIAL	41
5.3 CALIBRAÇÃO	42
5.4 SIMULAÇÃO ETA NOVA	45
6. CONCLUSÃO.....	49
REFERÊNCIAS	50
ANEXO I.....	52

1. INTRODUÇÃO

A impermeabilização das bacias hidrográficas e a ocupação das áreas próximas ao curso dos rios ocorrem devido ao aumento expressivo da urbanização em todo o país. Com isto problemas relacionados aos níveis de cheias alcançados em eventos extremos, ocasionam em problemas de drenagens, rupturas e deterioração de vias.

Estudos hidrológicos devem ser constantemente atualizados, para poder proporcionar o conhecimento de vazões máximas que vão ser adotadas em projetos de obras hidráulicas, onde poderá determinar hidrogramas quando o interesse for o dimensionamento de reservatórios de cheias, podendo também ter uma estimativa correta dos picos de vazão, estimativa de disponibilidade hídrica, análise da variação do ciclo hidrológico, estudo de propagação de vazão, dentre outras aplicações (MACEDO, 2010; PONTES, 2011).

Para a estimativa de vazões máximas o modelo matemático utilizado e muito difundido no cenário hidrológico, onde a sua aplicação destina-se a transformação de chuva-vazão é o Hydrologic Modeling System do Hydrologic Engineering Center dos Estados Unidos (HEC-HMS). Com o auxílio deste programa pode-se incorporar elementos como sub-bacias, junções, reservatórios, trechos de rios, sumidouros, desvios e fontes de vazões dentre outros (U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS, 2010). O HEC-HMS disponibiliza índices matemáticos, substituindo dados reais, auxiliando na tomada de decisão inicial, ajudando em um melhor entendimento do comportamento da bacia hidrográfica em função das precipitações.

Com o crescimento econômico e a potencialidade industrial, a cidade de Joinville, SC, começou a ser cada vez mais urbanizada, o que desencadeou a construção de novas casas e pavimentação de estradas, ajudando a aumentar a frequência de inundações, como ocorre em outras cidades do país.

Considerando tais aspectos, este trabalho irá realizar a simulação hidrológica em uma das bacias hidrográficas presentes na região de Joinville, a Bacia Hidrográfica do Rio Pirai (BHRP) uma das mais importantes para a cidade, pois ela contribui com o abastecimento público de água potável em 30% do consumo total, sendo também utilizada para a manutenção de rizicultura. (MAIA et al., 2013)

O presente trabalho tem como objetivo desenvolver estudos hidrológicos atualizados na BHRP e estimar as vazões máximas. Para os eventos foi dada ênfase na vazão de pico, gerando simulação de hidrogramas sintéticos para poder comparar com hidrogramas observados e assim podendo ajustar os parâmetros de simulação.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

Analisar a relação chuva-vazão dando ênfase as vazões máximas na bacia hidrográfica do Rio Pirai, utilizando o modelo HEC-HMS.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Gerar o banco de dados da bacia em termos de topografia, uso e classificação do solo e séries temporais de chuva e vazão;
- Simular hidrogramas de eventos extremos na bacia;
- Calibrar o modelo HEC-HMS para a BHRP;
- Analisar os hidrograma de projeto na BHRP.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. ESTIMATIVA DE VAZÃO MÁXIMA

Nas últimas décadas a interferência humana vem afetando drasticamente as mudanças climáticas que estão acontecendo. Um dos grandes problemas devido a essas mudanças climáticas são as chuvas intensas. Quando o volume de chuva é muito alto podem ocorrer cheias que acarretam grandes prejuízos tanto matérias quanto para a saúde pública (COLLSCHONN; TASSI, 2008). Então quando estes fenômenos ocorrem e provocam estes danos, a cheia de projeto deve ser estimada com base na precipitação máxima provável. (SOKOLOV, 1995 apud TUCCI, 1993).

Os estudos de vazões máximas permitem a adequada medida de decisão sobre o dimensionamento de estruturas hidráulicas. Segundo Tucci (1993), para a determinação das vazões e hidrogramas é necessário à representação de um evento específico e dimensionamento. Para o primeiro caso existe um compromisso com a precisão, as vazões são obtidas com base na precipitação da bacia e nas condições de umidade do solo e perdas iniciais reais. Já para o dimensionamento, as vazões devem reproduzir as condições mais críticas possíveis para ocorrer um determinado risco. Precisam-se conhecer os riscos de um projeto de acordo com o objetivo do mesmo e, dentro das condições de risco deve-se explorar a situação mais desfavorável.

Para a análise desses eventos extremos necessita-se conhecer os fatores que os influenciam, normalmente é caracterizado pela intensidade, frequência e duração, onde estes podem ser encontrados por meio de observações das precipitações em um determinado local, e durante um período de tempo que possa ser longo e representativo. Então para a estimativa de vazões máximas é usado como base o ajuste de uma distribuição estatística, regionalização de vazões e precipitações. As condições da bacia hidrográfica se modificam quando se tem dados históricos de vazões no local de interesse e pode ser ajustada uma distribuição estatística (TUCCI, 1993).

Quando não há dados ou as séries são pequenas, pode-se utilizar a regionalização de vazões máximas ou precipitação. A regionalização permite estimar a vazão máxima em locais onde não há dados suficientes com base em postos da região. Já a precipitação máxima é

determinada tendo base no risco ou no tempo de retorno escolhido para o projeto, onde estas precipitações máximas são transformadas em vazões através de modelos matemáticos. Sendo assim a precipitação máxima é determinada com base no risco ou tempo de retorno escolhido para o projeto (TUCCI, 1993).

2.2 MODELOS HIDROLÓGICOS

Os modelos hidrológicos vieram para simular o ciclo hidrológico, transformando toda a água que precipita nas bacias em vazão. Para uma análise inicial é estudado os processos de precipitações, interceptação vegetal, evapotranspiração, infiltração, e percolação da água nas camadas superiores e inferiores do solo, dentre outros, para uma boa compreensão da bacia hidrográfica.

Segundo Sorooshian e Moradkhani (2009), o modelo hidrológico é uma simplificação do sistema do mundo real. Os melhores modelos a serem usados são aqueles que mais se aproximam da realidade, eles são usados para compreender melhor os fenômenos físicos envolvidos e na previsão de cenários. As entradas mais importantes em um modelo são os dados de precipitações e a área de drenagem da bacia. Os modelos hidrológicos são importantes para o estudo dos recursos hídricos e ambientais (GAYATHRI et al., 2015).

A modelagem engloba um sistema de equações e processos que dependem de diversas variáveis e parâmetros, que a cada dia mais estão sendo aplicados para estudos envolvendo questões ambientais, onde ira ajudar a compreender o impacto das mudanças que ocorrem no uso do solo e podendo prever futuras alterações no ecossistema (MARINHO et al., 2012).

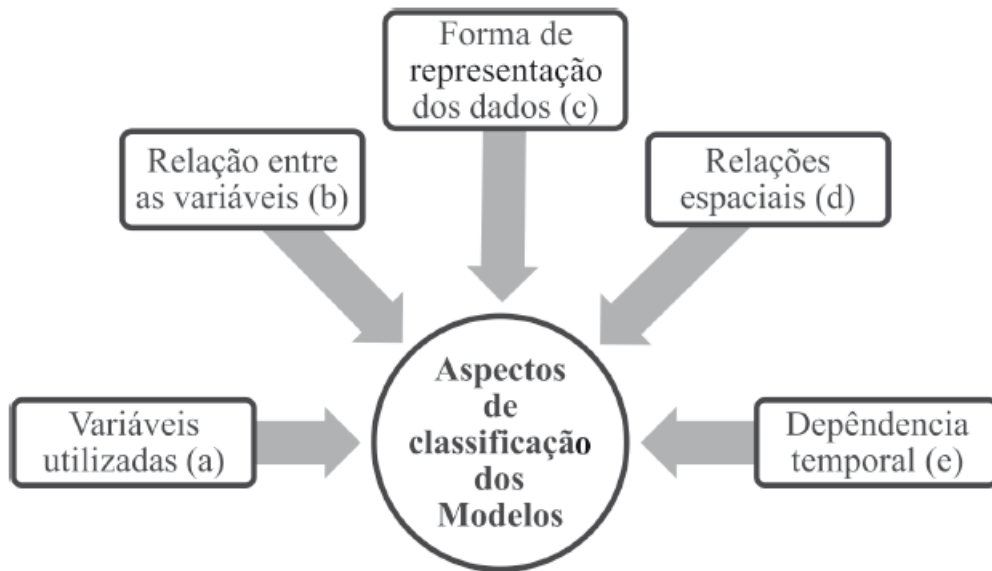
Conforme Marinho et al., (2012), os modelos hidrológicos estão sendo bastante difundidos, pois a representação do comportamento da bacia hidrográfica vem apresentando resultados satisfatórios, tanto na simulação e previsão de cenários hipotéticos para a avaliação de impactos, e como ferramenta na elaboração de projetos hidráulicos e hidrológicos.

De acordo com Tucci (1998) apud Santos (2009), um modelo hidrológico é definido como uma ferramenta utilizada para a representação dos processos que ocorrem em uma bacia hidrográfica e prever as consequências das diferentes ocorrências em relação aos valores observados.

A modelagem hidrológica requer um conhecimento aprofundado do ciclo hidrológico, conhecendo os processos físicos que ocorrem durante a chuva, ou seja, a própria chuva ou precipitação, a interceptação, evapotranspiração, infiltração e o escoamento superficial. Todos esses processos são representados por modelos matemáticos (SANTOS, 2009).

Os modelos podem ser classificados sob diferentes aspectos. Comumente, os modelos são classificados, dentre outras formas, de acordo com os tipos de variáveis utilizadas na modelagem (estocásticos ou determinísticos), o tipo de relações entre essas variáveis (empíricos ou conceitual), a forma de representação dos dados (discretos ou contínuos), a existência ou não de relações espaciais (concentrados ou distribuídos) e a existência de dependência temporal (estacionários ou dinâmicos), como representado na Figura 1 (MOREIRA, 2005, p. 23).

Figura 1 - Aspectos de classificação de modelos hidrológicos.



Fonte: Marinho et al. (2012, p. 41).

Quanto aos estes aspectos de classificação dos modelos hidrológicos mostrado na Figura 1, podemos exemplificar o modelo estocástico, cuja chance de ocorrência de uma das variáveis envolvidas, é considerada além de introduzir o conceito de probabilidade (Tucci, 1998 apud Santos, 2009). Caso os conceitos de probabilidade sejam negligenciados durante a organização de um modelo, ele será denominado de determinístico.

Já os modelos denominados de empíricos utilizam relações baseadas em observações. Normalmente estes modelos são simples e utilizados no dia a dia. Porém, por se tratar de modelos pouco robustos não nos permite fazer simulações de mudanças em condições que o modelo não previu, tais como, chuvas extremamente altas, mudanças de uso do solo, dentre outras. E o modelo conceitual avalia os processos físicos envolvidos no fenômeno estudado.

Os modelos classificados como concentrados não consideram a variabilidade espacial das variáveis hidrológicas envolvidas nesta modelagem. Para este modelo a principal variável é o tempo. Considera-se que todos os dados de entrada e saída são importantes para a área estudada. Por outro lado, os modelos distribuídos consideram a variabilidade espacial das

características físicas da bacia hidrográfica. Para este caso os parâmetros e variáveis dependem do tempo e espaço (MARINHO et al., 2012).

Os modelos estacionários descrevem o fenômeno em determinado momento, os parâmetros não variam com o tempo. Já os modelos dinâmicos variam os seus parâmetros com o tempo, sendo assim as variáveis em função do tempo (MARINHO et al., 2012).

Um modelo pode ser dito contínuo quando busca representar longos períodos da série, normalmente contempla épocas de comportamento hidrológicos diferentes. O modelo é dito discreto quando o objetivo da modelagem é de períodos isolados da série, como eventos extremos, que podem ser cheias ou estiagem.

O outro padrão que também pode ser utilizado é o chuva-vazão, o princípio físico do qual parte esse modelo é bastante simples. Esta baseada no conceito de que o excesso de água da chuva não infiltrado no solo concentra-se nas pequenas depressões do terreno até formar lamina d'água e, conseqüentemente, gerar o escoamento de superfície. O resultado encontrado neste modelo é em geral expresso na forma de hidrogramas localizados na exutória da bacia. Em um modo geral observa-se diferença entre o tempo de início da chuva e o início das elevações de vazão do corpo hídrico (PERES, 2015).

2.3. O MODELO HEC-HMS

O modelo hidrológico *Hydrologic Modeling System* (HEC-HMS), é um modelo matemático discreto concentrado, empírico/conceitual e determinístico. É um programa gratuito desenvolvido pelo Centro de Engenharia Hidrológica (HEC) do Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos (USACE). O *software* HEC-HMS é utilizado para modelar processos de chuva-vazão em bacias hidrográficas rurais e urbanas (USACE, 2010).

O *software* gera hidrogramas e informações referentes ao volume de deflúvio, vazão de pico e tempo de escoamento, com base nas simulações de processos hidrológicos. As informações obtidas a partir do programa proporciona a aplicação em diversos estudos de drenagem urbana, previsão de vazões, impacto da urbanização dimensionamento de vertedores em barragens, áreas de inundações, entre outros (U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS, 2010).

O processamento do modelo hidrológico no HEC-HMS solicita primeiramente o modelo da bacia, sendo eles os arranjos físicos da bacia, sub-bacias e características físicas. Em seguida os dados meteorológicos que representa a precipitação sobre a bacia, e por ultimo

as especificações de controle sendo a definição de data e horário inicial do evento chuvoso, e momento final da simulação e intervalo de tempo para realização dos cálculos (U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS, 2010).

À medida que este modelo apresenta resultados satisfatórios, em termos de simulação de vazões e no traçado de hidrogramas, maior será a sua utilização.

Apresentando como uma de suas vantagens à utilização de poucos parâmetros durante a calibração, além da escolha a escolha de combinações de vários métodos para representar o processo hidrológico. A Tabela 1 contém pesquisas envolvendo a utilização do modelo HEC-HMS.

Tabela 1 - Pesquisa envolvendo a utilização do modelo HEC-HMS.

Autor	Modelo	Objetivo
Monteiro (2011)	HEC-HMS e FLO-2D	Mapeamento das áreas de perigo de inundação no Braço do Baú, Ilhota - SC.
Moecke (2014)	HEC-HMS, HEC RAS, HEC-GeoRas	Análise do rompimento hipotético da barragem oeste do vale do Rio Itajaí.
Rippel (2009)	HEC-HMS e HEC-RAS	Modelagem hidrológica e hidráulica da sub-bacia do Rio Bucarein para obtenção da mancha de inundação.
Lopes (2010)	HEC-HMS, HECPREPRO, HEC-HSPF, NEXRAD, HEC-RAS, AGWA	Estudo hidrológicos e hidrossedimentológicos na bacia do Córrego do Capão Comprido, DF.
Peres (2015)	HEC-HMS, SIG, HEC-RAS	Análise da variação dos hidrogramas de cheia na bacia do Córrego Grande.
Macêdo (2005)	HEC-HMS, MDSA	Proposta metodológica para a avaliação de cenários de disponibilidade e oferta hídrica.

Fonte: Autora (2017).

Observa-se que o HEC-HMS é amplamente utilizado para modelagens hidrológicas, como ilustrado na Tabela 1. Conforme Tavares e Castro (2005) apud Macedo (2010), a engenharia hidrológica vem se beneficiando consideravelmente com o desenvolvimento de programas que implementam algoritmos para a quantificação de processos hidrológicos, como é o caso do HEC-HMS.

3. ÁREA DE ESTUDO

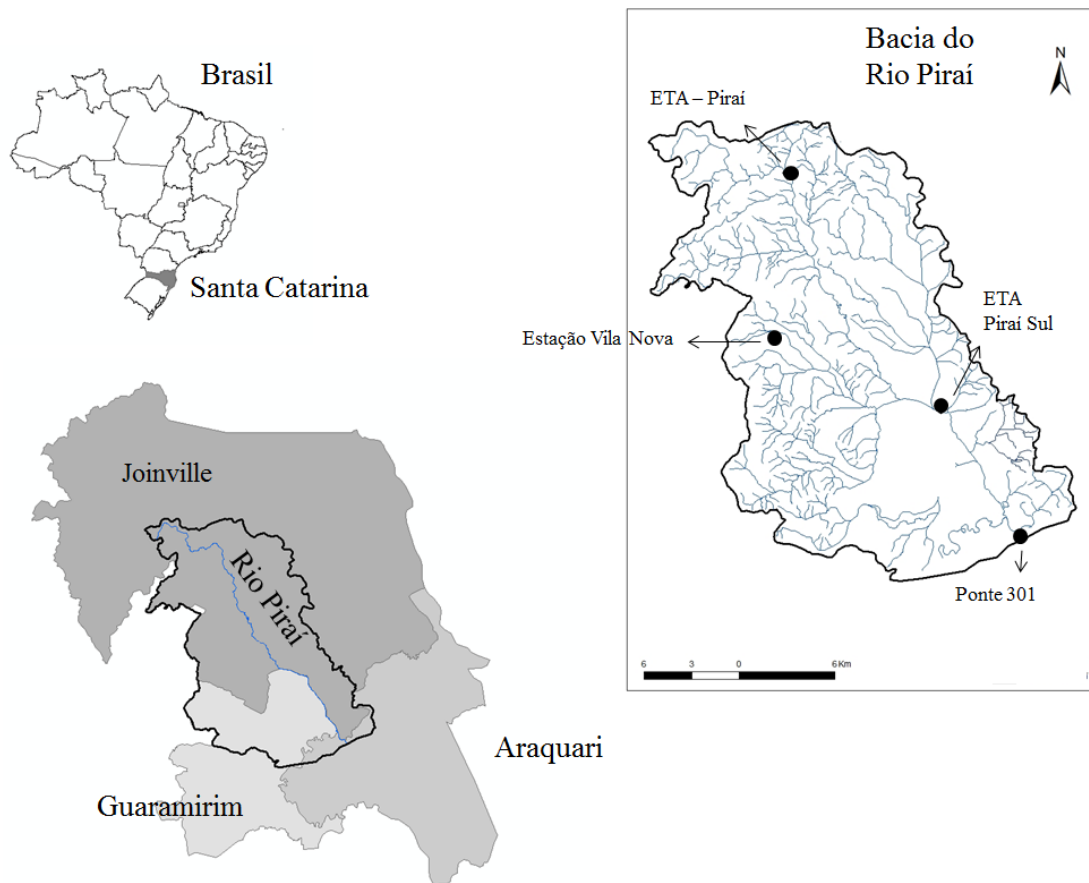
A bacia do Rio Piraí é a maior das sub-bacias que compõe a Bacia Hidrográfica do Rio Itapocu (ZEH, 2014). Por esta bacia estar localizada nas planícies aluviais a base econômica da BHRP se tornou voltada á atividade agrícola pelo favorecimento da rizicultura, se tornando responsável por 90% da área de arroz irrigado de Joinville. Nesta sub-bacia localiza-se a estação de captação e tratamento de água ETA/PIRAÍ é responsável pelo abastecimento de 30% da cidade de Joinville (UBERTI, 2011).

Neste capítulo serão abordadas as características da Bacia Hidrográfica do Rio Piraí, incluindo sua localização, clima, uso do solo, cobertura vegetal, geologia e geomorfologia.

3.1 LOCALIZAÇÃO

A Bacia do Rio Piraí drena uma área de 599,85 km², estando localizada em parte no município de Joinville, ao norte de Santa Catarina, onde abrange uma área de 311,79 km² representando 27,49% do município. E o restante da mesma encontra-se nos municípios de Guaramirim e Araquari (HOLLER, 2010 apud ZEH, 2014). Com 288,06 Km². Sendo a extensão territorial que foi utilizada neste trabalho seria da parte da onde incia-se na ETA Piraí até a Ponte SC-301, como mostra na Figura 2.

Figura 2 - Bacia do Rio Pirai.



Fonte: SEPLAN/SIMGEO, 2011.

Sua nascente esta localizada na Serra do Mar e seus principais afluentes são: Rio Águas Vermelhas, Rio do Salto, Rio Quati, Rio Lagoinha, Rio Zoada, Rio Dona Cristina e Rio Motucas (UBERTI, 2011).

3.2 CLIMA

Segundo Uberti (2011), esta bacia localiza-se em duas Zonas Agroecológicas diferentes: a zona agroecológica 1A e a zona agroecológica 2A, sendo a primeira de maior predominância.

A classificação climática segundo Köppen, a zona agroecológica 1A é classificada como Cfa, ou seja, clima subtropical constante úmido, sem estação de seca, com verão quente,

sendo que a temperatura média anual varia entre 19,1 a 20 °C, com variação das máximas entre 26 a 27,6°C e a variação das mínimas de 15,4 a 16,8 °C. Onde esta zona possui umidades relativas do ar que variam de 84,2 a 87% sendo que, este último valor é o maior entre as zonas agroecológicas catarinenses. Para os valores de precipitação pluviométrica total anual variam de 1.430 a 1.908mm, já os totais anuais de dias com chuva, de 156 a 185 dias. A classificação para a zona agroecológica 2A Cfa, tem uma umidade relativa do ar entre 83 a 85%. Possui temperatura média anual de 17 a 19,1 °C, com variação das máximas entre 23,5 e 26 °C e a variação para as mínimas de 11,8 a 15,4 °C. E para valores de precipitação pluviométrica total anual variam de 1.320 a 1.640mm, com o total anual de dias de chuva entre 130 e 165 dias (UBERTI, 2011).

3.3 USOS DO SOLO E COBERTURA VEGETAL

A Bacia do Rio Piraí possui uma vegetação pertencente ao Bioma Mata Atlântica, no ecossistema Floresta Ombrófila densa e formações pioneiras (SANTA CATARINA, 1986; DUFLOTH et al., 2005 apud UBERTI, 2011).

A região que compreende a Floresta Ombrófila densa compreende as planícies e serras da costa catarinense são marcadas intensamente pela influência oceânica, possuindo um elevado índice de umidade e baixa amplitude térmica (UBERTI, 2011).

Devido ao aumento gradativo do desmatamento e incidência de áreas de formações pioneiras, isto é, áreas que são naturalmente subtraídas de outros ecossistemas ou surgidas em função da atuação recente dos agentes morfodinâmicos e pedogenéticos (UBERTI, 2011), se destacam a ocorrência de formações pioneiras e de tensão ecológica.

3.4 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

Em geral na Bacia do Rio Piraí há uma alternância de formas de relevo, indo de plana até fortemente ondulada, encontra-se dentro de domínios morfológicos litorâneos sendo típicos de ambiente continental-marinho e embasamento cristalino, representado pela Serra do Mar (SILVA e BORTOLUZZI, 1987 apud UBERTI, 2011). Há também uma alternância de materiais, solos com diferentes graus de desenvolvimento pedogenético e aptidão agrícola (UBERTI, 2011).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 MATERIAIS

➤ Estações de monitoramento

Para a obtenção das vazões calculadas desejadas é necessário os dados de cota, e para a utilização do programa é necessário os dados pluviométricos, sendo assim ambos os dados são das seguintes estações: Estrada dos Morros, Vila Nova, Ponte SC-301. Os dados podem ser encontrados por meio do site da Agência Nacional de Águas (ANA) – www.ana.gov.br – No sistema de Informações Hidrológicas .

➤ Material Cartográfico e Ortofoto

Para realizar a delimitação da bacia hidrográfica, foi utilizado o Modelo Digital do Terreno (MDT), e a determinação da rede de drenagem utilizando uma escala 1:5000. O acesso a essas cartas topográficas digitais foi através da Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável (SDS), disponível em meio digital na plataforma do Sistemas de Informações Municipais Georreferenciadas (SIMGeo).

A elaboração do mapa de uso e cobertura do solo da região foi desenvolvido com a utilização do *software* ArcGIS. O mapa de solo foi elaborado na escala 1:50.000, utilizando os dados disponíveis no SIMGeo.

➤ Dados

O mapa de uso e cobertura do solo foi gerado pelas imagens de satélite, com base nos dados de solo e uso Bacia Hidrográfica do Rio Piraí, os quais permitiram a seguinte classificação:

- Área urbana: Área que foi urbanizada, podendo ser zonas residenciais, industriais ou comerciais.
 - Área de vegetação: Corresponde a Floresta Ombrófila, que estão em estágios diferentes de crescimento ou regeneração.
 - Plantação de rizicultura: Área responsável por grande parte do cultivo de arroz do município de Joinville.
 - Área de Pastagem
- *Softwares*
 - Plataforma ArcGIS 10.x *Student Edition*. Utilizando extensões como, ArcHydro Tools, v.4,0, *Spatialanalyst* v.1.1 e *3D Analyst* V1.0;
 - Plataforma Office: Microsoft Word e Microsoft Excel;
 - Plataforma HEC-HMS 4.1;
 - Google Earth.

4.2 MÉTODO

Foi necessário estimar a vazão calculada, obtida a partir de pequenas manipulações matemáticas utilizando-se cotas das estações, cujas simulações foram possíveis de obter a partir da implementação dos dados de precipitações no programa HEC-HMS.

Utilizou-se o método Soil Conservation Service – SCS, além de parâmetros hidrológicos no desenvolvimento dos estudos.

4.2.1 Método SCS

O método *Soil Conservation Service* (SCS), foi desenvolvido em 1950 *pelo United States Department of Agriculture Soil Conservation Service* (USDA SCS), atual *Natural Resources Conservation Service* (NRCS), e desde então tem sido utilizado para a estimativa de escoamento superficial direto, a partir de eventos de precipitação. Na mesma época foi criado, pelo antigo SCS, o método Hidrograma Unitário Triangular, de maneira que quando utilizados simultaneamente são chamados de Método SCS.

É o método mais utilizado principalmente pela sua simplicidade de fácil aplicação, pois depende de três variáveis: precipitação, umidade antecedente do solo e do conjunto: tipo de cobertura do solo (PAULINO, 2014).

No Brasil o método SCS é indicado pelo Departamento de Água e Energia Elétrica de São Paulo (DAEE), para o cálculo de vazões máximas e geração de hidrogramas para o dimensionamento de dispositivos hidráulicos, em bacias com áreas superiores a 2 km² e também quando não há dados históricos fluviométricos (PAULINO, 2014).

Neste método, inicia-se aplicando as equações abaixo:

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{(P + I_a)}$$

$$I_a = 0,2 \cdot S$$

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

Onde:

P_e : Precipitação efetiva, em mm;

P: Precipitação total, em mm;

I_a : Perdas iniciais por retenção da bacia, em mm;

S: Máximo potencial de retenção da bacia após o início do escoamento superficial, em mm.

CN: Curva Número.

Para obter o valor da Curva Número, deve se analisar fatores hidrológicos do solo como por exemplo:

- Tipo do Solo;
- Condições de uso e ocupação do solo;
- Umidade antecedente do solo.

Segundo Tucci (2009), os grupos hidrológicos do solo são classificados em grupos A, B, C e D, de acordo com suas taxas de infiltração mínima vista abaixo:

Grupo A – Solos arenosos com baixo teor de argila total, inferior a uns 8%, não havendo rocha nem camadas argilosas, e nem mesmo densificadas até a profundidade de 1,5m. O teor de húmus é muito baixo, não atingindo 1%.

Grupo 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, esse limite pode subir a 20% graças à maior porosidade. Os dois teores de húmus podem subir, respectivamente, 1,2 a 1,5%. Não pode haver pedras e nem camadas argilosas até 1,5 m, mas é, quase sempre, presente camada mais densificada que a camada superior.

Grupo C – Solos barrentos com teor total de argila de 20 a 30%, mas sem camadas argilosas impermeáveis ou contendo pedras até profundidades de 1,3 m. No caso de terras roxas, esses dois limites máximos podem ser de 40% e 1,5 m. Nota-se cerca de 60 cm de profundidade, camada mais densificada que no Grupo B, mas ainda longe das condições de impermeabilidade.

Grupo D – Solos Argilosos (30 – 40% de argila total) e ainda com camada densificada a uns 50 cm de profundidade. Ou solos arenosos como B, mas com camada argilosa quase impermeável, ou horizonte de seixos rolados. (PORTO, 1995).

Após a determinação do grupo consultam-se as Tabelas 2 e 3, para a determinação do fator CN.

Para estimar a vazão de pico, utilizou-se a expressão definida pelo método SCS como:

$$Q_p = 2,08 \cdot \frac{A}{ta}$$

Onde:

Q_p : Vazão de pico, em m^3/s ;

A: Área da bacia, em km^2 ;

ta: Tempo de ascensão, em h.

O tempo de ascensão é considerado pelo tempo decorrido desde o início da chuva até a vazão de pico do hidrograma, ou seja:

$$ta = 0,6 \cdot tc + \frac{D}{2}$$

Onde:

tc: Tempo de concentração, em h;

D: Duração da chuva unitária, em h.

Tabela 2 - Valores de CN para bacias rurais.

Uso do solo	Superfície do solo	Grupo do Solo			
		A	B	C	D
Solo lavrado	Com sulcos retílineos	77	86	91	94
	Em fileiras retas	70	80	87	90
Plantações regulares	Em curvas de nível	67	77	83	87
	Terraceado em nível	64	76	84	88
	Em fileiras retas	64	76	84	88
Plantações de cereais	Em curvas de nível	62	74	82	85
	Terraceado em nível	60	71	79	82
	Em fileiras retas	62	75	83	87
Plantações de legumes ou cultivados	Em curvas de nível	60	72	81	84
	Terraceado em nível	57	70	78	89
	Pobres	68	79	86	89
	Normais	49	69	79	94
	Boas	39	61	74	80
Pastagens	Pobres, em curvas de nível	47	67	81	88
	Normais, em curvas de nível	25	59	75	83
	Boas, em curva de nível	6	35	70	79
Campos permanentes	Normais	30	58	71	78
	Esparsas, de baixa transpiração	45	66	77	83
	Normais	36	60	73	79
	Densas, de alta transpiração	25	55	70	77
Chácaras Estradas de terra	Normais	56	75	86	91
	Más	72	82	87	89
	De superfície dura	74	84	90	92
Florestas	Muito esparsas, baixa transpiração	56	75	86	91
	Esparsas	46	68	78	84
	Densas, alta transpiração	26	52	62	69
	Normais	36	60	70	76

Fonte: Tucci et al, 1993

Tabela 3 - Valores de CN para bacias urbanas.

Utilização ou cobertura do solo	Grupo de solos			
	A	B	C	D
Zonas cultivadas: sem conservação do solo	72	81	88	91
com conservação do solo	62	71	78	81
Pastagens ou terrenos em más condições	68	79	86	89
Baldios em boas condições	39	61	74	80
Prado em boas condições	30	58	71	78
Bosques ou zonas com cobertura ruim	45	66	77	83
Floresta: cobertura boa	25	55	70	77
Espaços abertos, relvados, parques, campos de golfe, cemitérios, boas condições				
Com relva em mais de 75% da área	39	61	74	80
Com relva de 50% a 75% da área	49	69	79	84
Zonas comerciais e de escritórios	89	92	94	95
Zonas industriais	81	88	91	93
Zonas residenciais				
Lotes de (m ²)	% média impermeável			
<500	65	77	85	90
1000	38	61	75	83
1300	30	57	72	81
2000	25	54	70	80
4000	20	51	68	79
Parques de estacionamento, telhados, viadutos, etc.	98	98	98	98
Arruamentos e estradas				
Asfaltadas e com drenagem de águas pluviais	98	98	98	98
Paralelepípedos	76	85	89	91
Terra	72	82	87	89

Fonte: Tucci et al, 1993

Com o auxílio das Tabelas 2 e 3, a identificação dos grupos hidrológicos e a utilização de mapa de uso de solo, obtém-se os valores correspondentes de CN para as sub-bacias.

O tempo de concentração, pode ser calculado por quatro métodos diferentes, associados a essas sub-bacias hidrográficas, com o objetivo de estabelecer comparações entre eles.

➤ Fórmula de Pasani:

$$T_c = 0,107 \cdot \left(\frac{\sqrt[3]{(A \cdot L)}}{\sqrt[2]{(i)}} \right)$$

Onde:

T_c : Tempo de Concentração, em h;

A : Área da bacia, em Km^2 ;

L : Comp. do rio principal, em Km, (Rio de maior extensão na bacia hidrográfica);

i : Declividade m/m.

➤ Fórmula de Ventura:

$$T_c = 0,127 \cdot \sqrt{\frac{A}{i}}$$

Onde:

T_c : Tempo de concentração, em h;

A : Área da bacia, em Km^2 ;

i : Declividade, em m/m.

➤ Fórmula de Dooge:

$$T_c = 0,365 \cdot (A^{0,41} \cdot (S^{-0,17}))$$

Onde:

T_c : Tempo de concentração, em h;

A : Área da bacia, em Km^2 ;

S : Declividade, m/m.

➤ Fórmula de Giandotti:

$$T_c = 0,559 \cdot (4 \cdot (A^{0,5}) + (1,5 \cdot L) \cdot (L^{-0,5}) \cdot (S^{-0,5}))$$

Onde:

T_c : Tempo de concentração, h;

A : Área da bacia, em Km^2 ;

L : Comp. do rio principal, em Km, (Rio de maior extensão na bacia hidrográfica);

S : Declividade, em m/m.

4.2.2 Modelagem Hidrológica – HEC-HMS

As pesquisas sobre o modelo HEC-HMS sugerem o emprego dele em estudos que adotam a utilização do modelo digital de elevação (MDE) ou do modelo digital de terreno (MDT) e o Sistema de Informação Geográfica (SIG), como procedimento anterior ao HEC-HMS. Esses processos são necessários, pois o modelo requer alguns parâmetros de entrada, que podem ser obtidos por meio do programa SIG.

Os parâmetros requeridos pelo programa são: área da bacia Curve Number (CN), percentual impermeável da bacia, tempo de resposta, comprimento do rio principal (L), e o comprimento do rio principal desde o ponto mais próximo do centroide da bacia até o exultório, declividade da bacia, dentre outros parâmetros (MACEDO, 2010).

Iniciando o projeto, deve ser inserido o esquema hidrológico da área de estudo. Para isso foram utilizados os seguintes modelos (SANTOS, 2017):

- *Basin Models* (Modelos de Bacia);
- *Meteorologic Models* (Modelos Meteorológicos);
- *Control Specifications* (Especificações de Controle);
- *Time-Series Data* (Dados de Séries Temporais).

Para cada um dos componentes foram adicionadas informações para a realização da simulação hidrológica, onde *Basin Model* é o componente mais importante, pois é ele quem vai representar fisicamente a bacia e a onde será possível inserir as características geográficas.

Após a inclusão dos componentes, foi possível construir o modelo hidrológico da Bacia Hidrográfica do Rio Piraí, através das seguintes ferramentas do módulo de elementos hidrológicos (*Basin Hydrologic Elements*): 1) *Subbasin Create Tool*, onde é possível criar cada sub-bacia, as quais foram convencionadas em: ETA, ETA-Nova e Ponte SC-301; 2) *Juction Create Tool*, ferramenta utilizada para a conexão das sub-bacias (SANTOS, 2017).

Cada sub-bacia é representada por divisões de módulos, sendo que para cada elemento é necessário definir três módulos:

- *Loss Method* (Método de Perdas) – foi escolhido o método *SCS Curve Number*;
- *Transform Method* (Método de Transformação) – foi escolhido o método *SCS Unit Hydrograph*;

- *Baseflow Method* (Método de Fluxo de Base) – foi escolhido *Constant Monthly*.

Primeiramente no *Meteorologic Models*, foi selecionado o método de distribuição de precipitação, no caso *Specified Hyetograph* (Hietograma Especificado) e dados da distribuição espacial de precipitação, isto é, se a chuva ocorreu em toda a bacia ou somente em determinada sub-bacia.

No componente *Control Specifications*, podem ser criados diversos controles específicos de acordo com a data, duração e intervalo de tempo para realizar a simulação.

Na simulação da bacia foram utilizadas quaisquer datas, sendo a duração de 24 horas e um intervalo de tempo de um dia em todas as simulações.

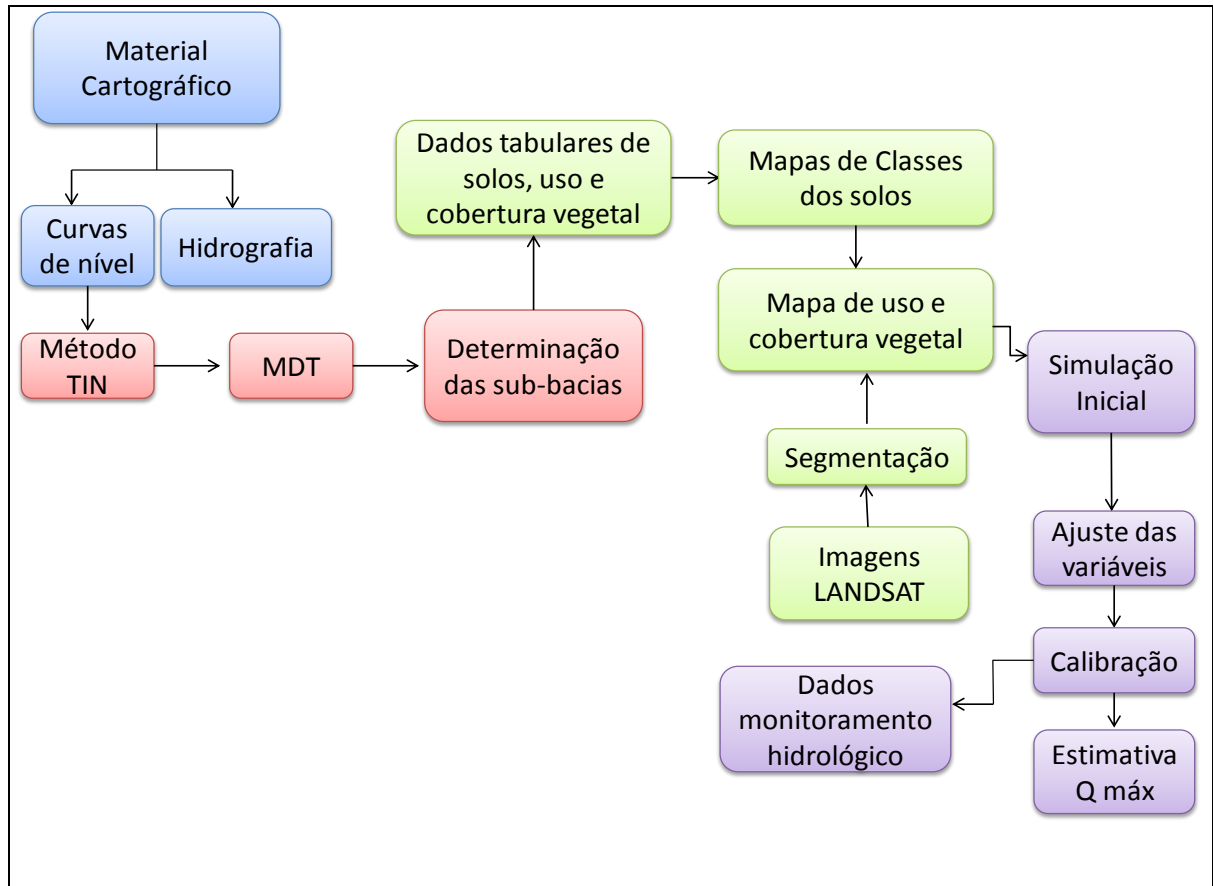
No componente *Time-Series Data*, utilizando o tipo de dado *Precipitation Gages*, pôde-se inserir dados de precipitação, com a data e horário de início e fim do evento.

Com todos esses componentes pôde-se realizar a simulação utilizando a Ferramenta *Compute – Create Compute – Simulation Run*.

Com a simulação finalizada obteve os valores de vazões simuladas para cada período de tempo e cada sub-bacia.

4.2.2.1 Organograma

Figura 3 - Organograma do trabalho.



Fonte: Autora (2017).

4.2.3 Método dos Blocos Alternados

Com este método o objetivo é de obter o hietograma (precipitação em função do tempo) usando a equação da chuva. Este método é muito simples comparado a outros métodos de determinação da chuva de projeto. O primeiro procedimento é calcular a intensidade da chuva pela equação:

- Back (2002):

$$i = \frac{641,7 \cdot T^{0,2290}}{(t + 8,8)^{0,6859}}$$

Onde:

i: Intensidade em mm/h;

T: Tempo de retorno em anos;

t: Tempo em min.

O segundo procedimento, que dá nome ao método reordena o hietograma completamente adiantado de forma a posicionar o pico de forma centralizada. Cada ‘bloco’ de chuva do hietograma adiantado é sucessiva e alternadamente colocado no entorno do ‘bloco’ do pico, à direita e à esquerda (TOMAZ, 2010).

4.2.4 Calibração e análise de desempenho do modelo.

A calibração de um modelo hidrológico é uma etapa fundamental que consiste na modificação dos parâmetros dentro de um intervalo aceitável, para que possa obter um modelo que replique as condições já previamente conhecidas. (ANDRADE, MELLO e BESKOW, 2012). No início da simulação ocorrem incertezas como foi o caso deste trabalho, sendo uma delas o tipo do solo existente nas bacias, onde se considerado equivocadamente isto iria influenciar diretamente na escolha do valor do CN, podendo assim mascarar os resultados da simulação.

Segundo Arnold et al. (2000) apud Malutta (2012), durante um período de calibração, as entradas do modelo serão variadas até ocorrer um ajuste aceitável. Uma vez que foram calibrados os parâmetros do modelo, este deve ser validado. O resultado encontrado na validação pode sugerir se o modelo é capaz de reproduzir a série de dados não usados na calibração.

4.2.4.1 Análise de desempenho

Para a análise de desempenho do modelo, foram utilizados o coeficiente de massa residual (CMR) e coeficiente de correlação (R^2).

O coeficiente de massa residual é um indicativo de quanto o modelo superestima (valores negativos) ou subestima (valores positivos) os dados simulados. Quanto mais estiver próximo de zero melhor será o desempenho do modelo.

O coeficiente CMR é definido como:

$$CMR = \frac{\sum_{i=1}^n E_m - \sum_{i=1}^n E_s}{\sum_{i=1}^n E_m}$$

Onde E_m é o evento monitorado e E_s é o evento simulado.

O coeficiente R^2 representa uma associação linear entre os dados calculados e observados. O alcance varia entre -1 até 1, valores acima de 0,5 são aceitáveis.

5. RESULTADOS

5.1 MAPAS

5.1.1 Delimitação da Bacia Hidrográfica

Para obter a delimitação da bacia hidrográfica e determinação da rede de drenagem, utilizou-se o Modelo Digital do Terreno (MDT), juntamente com as Curvas de níveis, em escala 1:5000, que foram fornecidas pelo Sistema de Informações Municipais Georreferenciadas, disponibilizadas pela Prefeitura Municipal de Joinville.

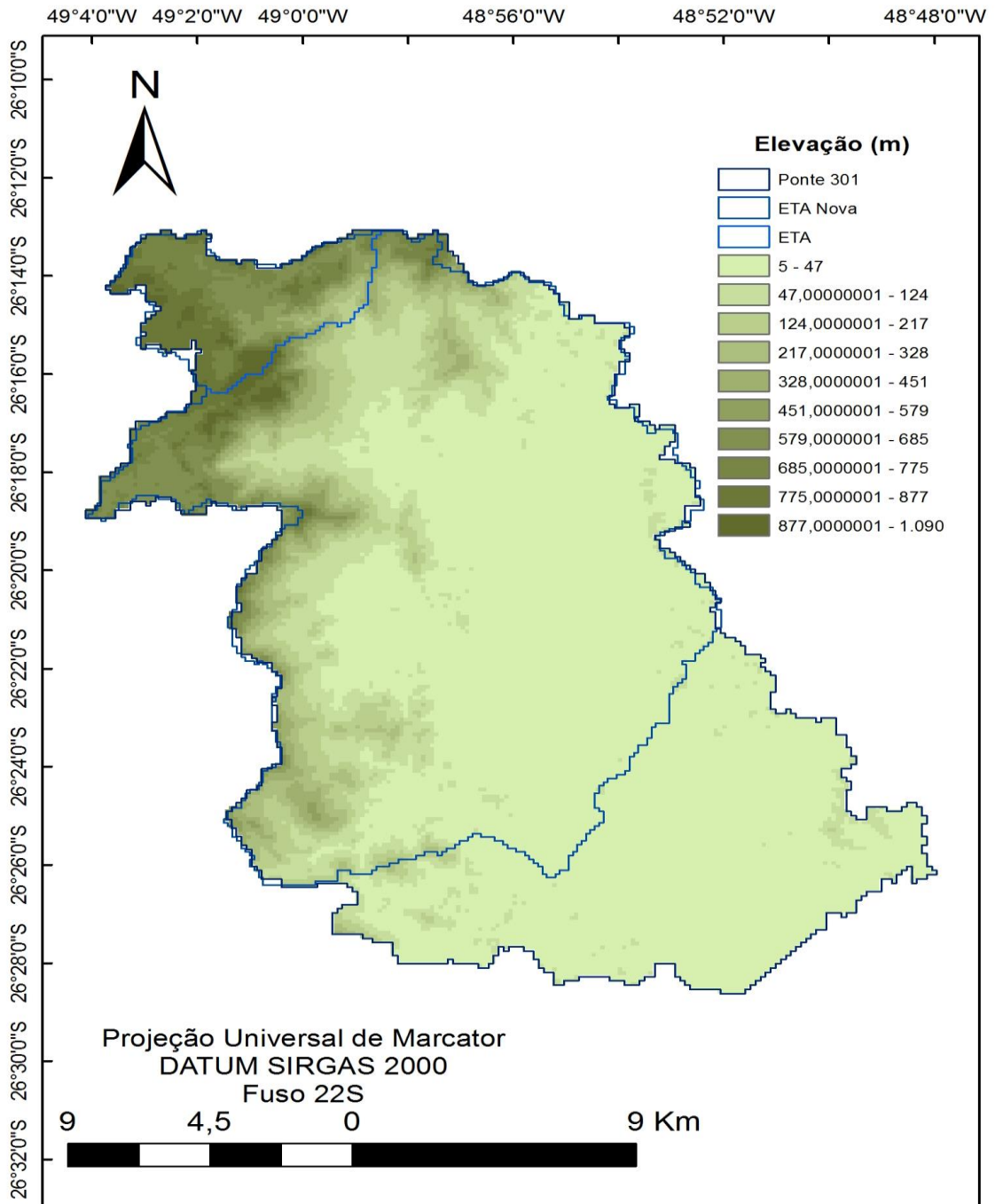
Com o auxílio do *software* de Sistema de Informação Georreferenciada (SIG), ArcGIS 10.4 e juntamente com a extensão ArcHydro, pode-se delimitar a bacia hidrográfica, unidade de planejamento e gestão de recursos hídricos, Figura 4.

Tabela 4– Dados Principais das Sub-bacias.

Sub-Bacia	Área (Km²)	Comp. Rio Principal (Km)	Declividade Rio Principal (m/m)
ETA Pirai	29,75	12,25	0,088
ETA Pirai Nova	315,5	34,83	0,031
Ponte SC-301	434,36	44,97	0,024

Fonte: Autora, (2017).

Figura 4 -Modelo Digital de Elevação.

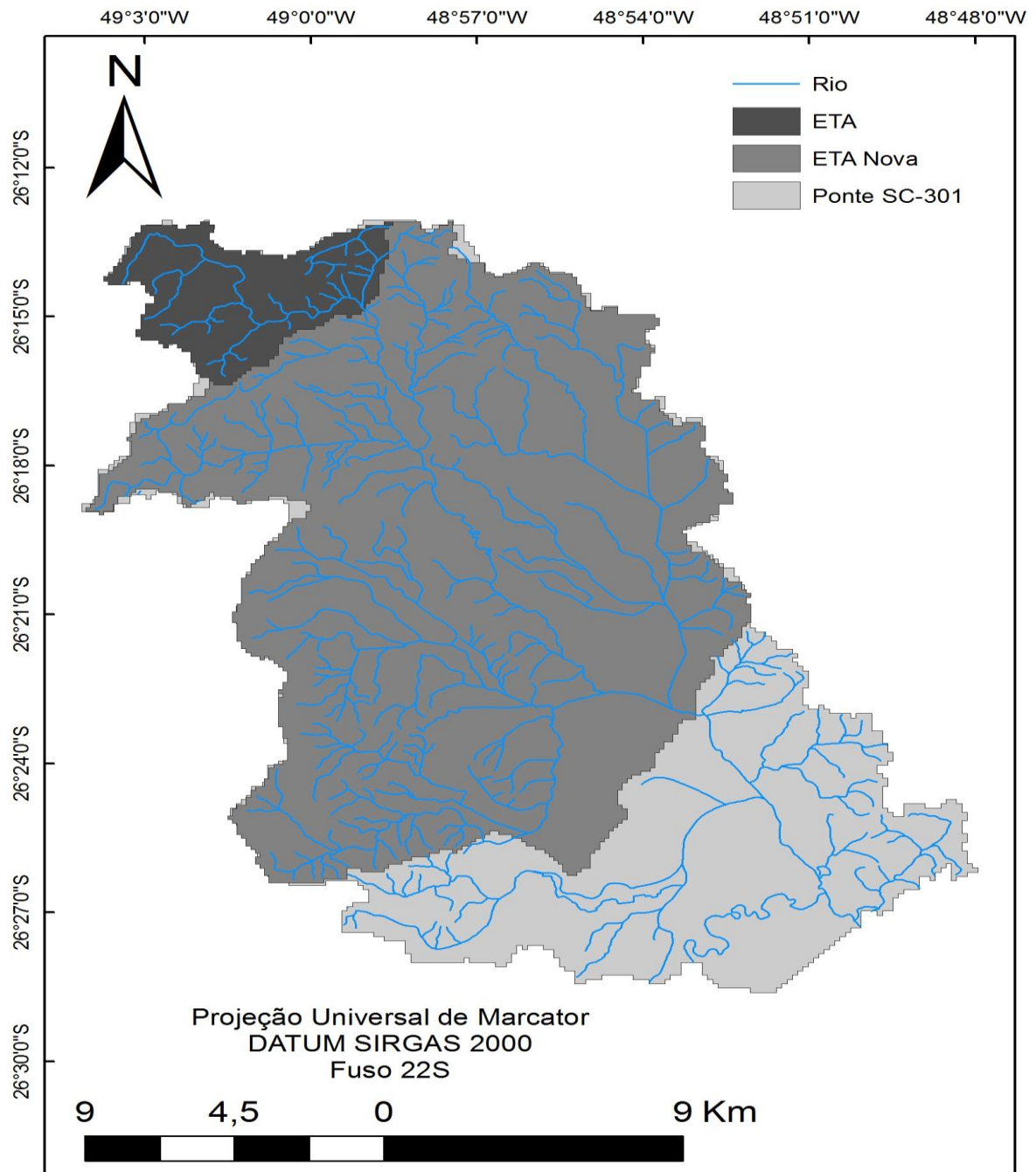


Fonte: Adaptado de SDS – SIG (2012)

5.1.2 Delimitação das Sub-Bacias

De maneira semelhante à delimitação da bacia hidrográfica, foram delimitadas as sub-bacias (Figura 5), obtendo as suas localizações georreferenciadas.

Figura 5 - Delimitação das Sub-Bacias.

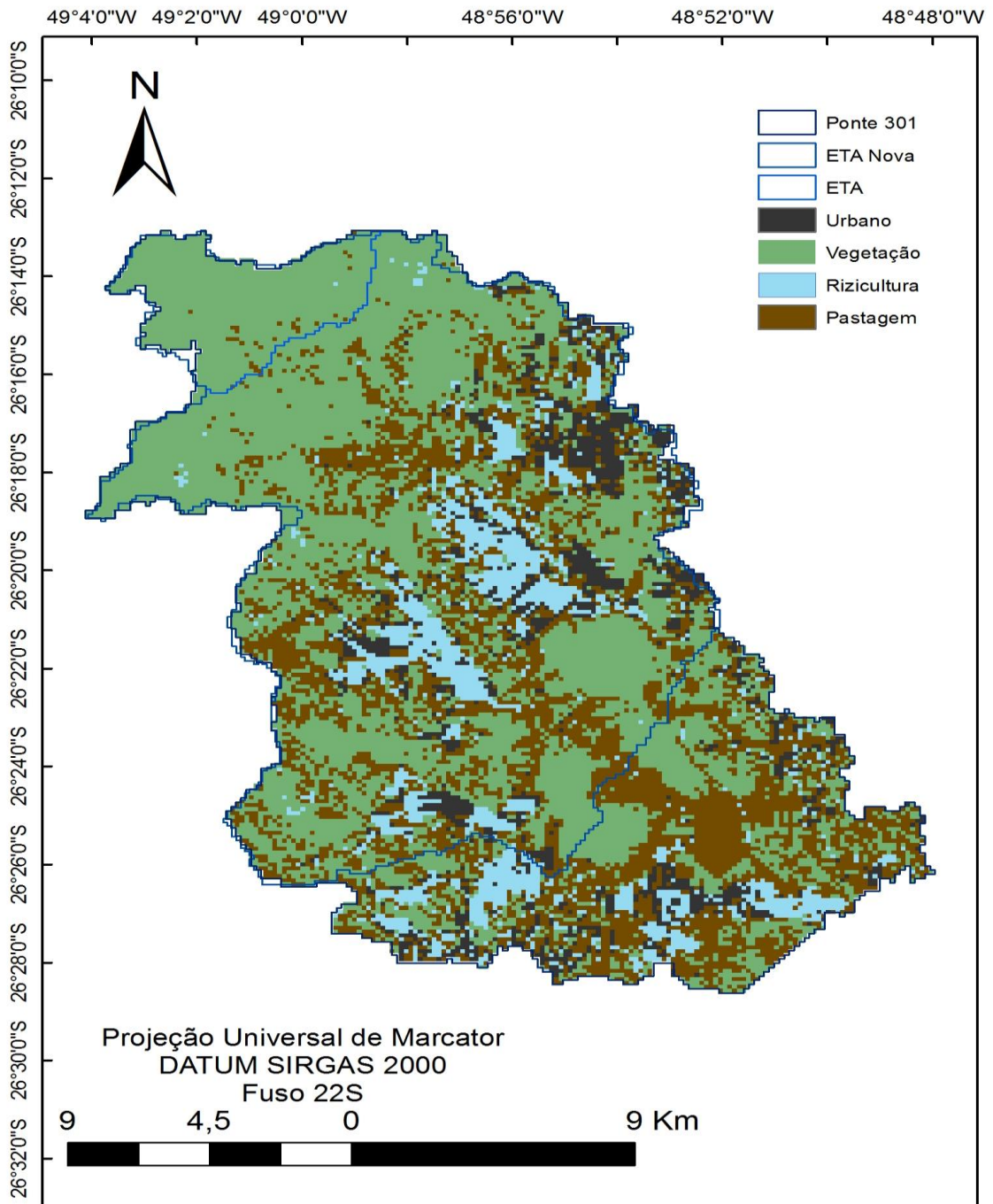


Fonte: Autora (2017).

5.1.3 Uso e Ocupação do Solo

Para a determinação do uso e ocupação do solo utilizou-se as imagens do satélite LANDSAT-8, com o auxílio do *software* ArcGIS, classificando a região estudada em quatro categorias distintas, sendo a primeira como área de ocupação urbana, área referente à vegetação, área de plantação de rizicultura e por fim área referente à pastagem (Figura 6).

Figura 6 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo.



Fonte: Autora (2017).

Pode-se notar que a bacia possui predominantemente área de vegetação, porém cada sub-bacia possui uma porcentagem distinta para cada uma dessas quatro categorias, como está sendo mostrado na Tabela 4.

Tabela 5- Áreas de Uso e Ocupação do Solo.

Sub-Bacias	Área past. [Km ²]	Área riz. [Km ²]	Área urb. [Km ²]	Área veg. [Km ²]	Área past. [%]	Área riz. [%]	Área urb. [%]	Área veg. [%]
ETA	0,48	-	-	27,42	1,72	-	-	98,28
ETA Nova	74,96	29,22	24,74	182,33	24,08	9,38	7,95	58,59
Ponte SC-301	128,76	45,2	36,19	223,74	29,66	10,41	8,38	51,55

Fonte: Autora (2017).

5.1.4 Classificação do Solo

Para a determinação dos tipos de solos predominantes em cada sub-bacia, utilizaram-se os mapas presentes no Boletim Técnico do Rio Pirai (2011), fazendo uma sobreposição dos limites das bacias hidrográficas traçadas e gerando o mapa de classificação do solo (Figura 7).

Cada tipo de solo presente na bacia hidrográfica esta convencionado por siglas cuja a descrição consta na Tabela 5.

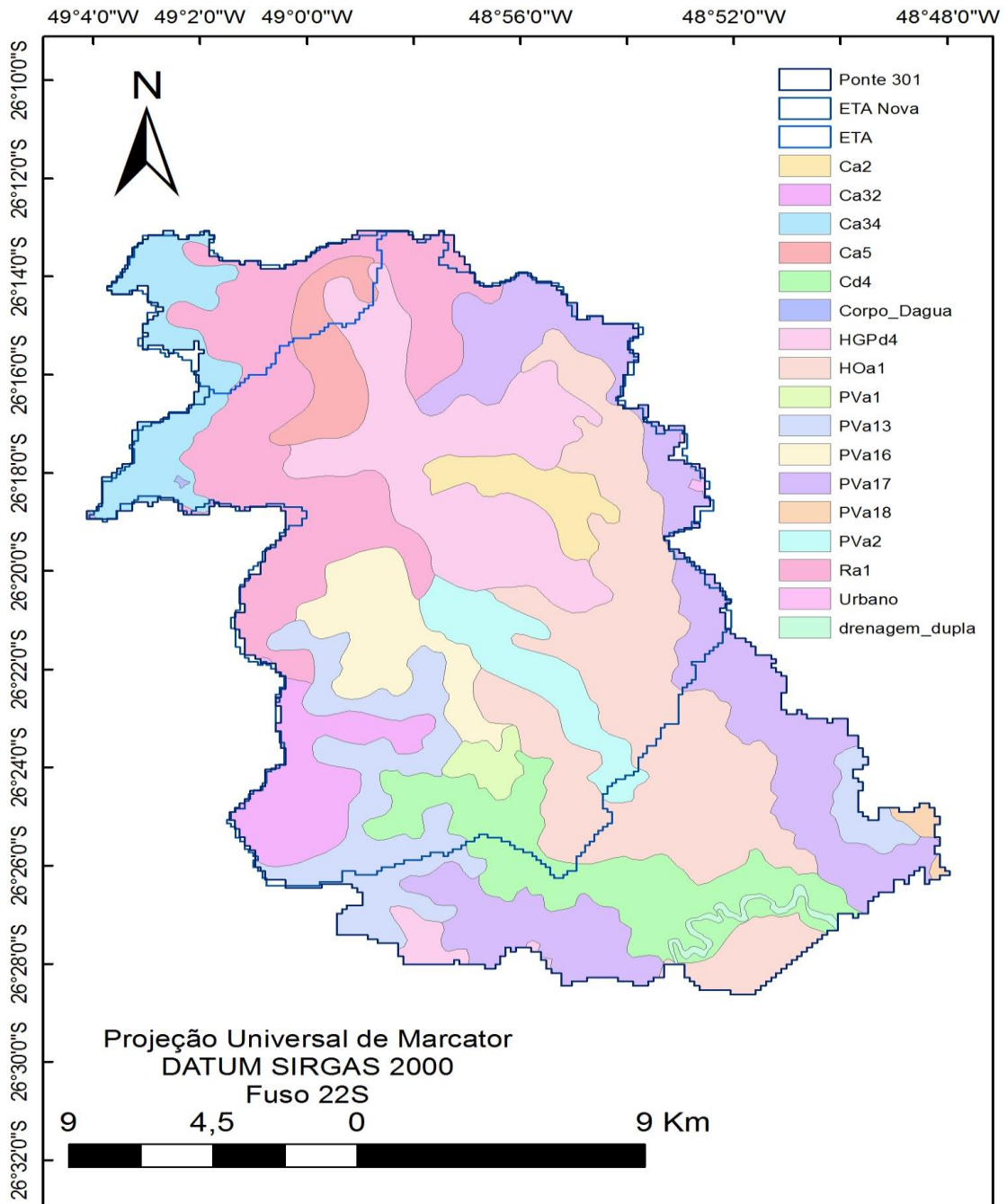
Tabela 6- Classificação dos Solos.

SIGLA ANTIGA	SIGLA	DESCRIÇÃO
Ca34	CXd6	CAMBISSOLO HÁPLICO Distrófico típico, horizonte A proeminente, textura argilosa, fase Floresta Ombrófila Densa, relevo ondulado, substrato gnaisse.
Ra1	RLd3	NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico típico, horizonte A proeminente, textura argilosa, fase Floresta Ombrófila Densa, relevo escarpado, substrato gnaisse.
PVa17	PAd6	ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico, horizonte A proeminente, textura argilosa, fase Floresta Ombrófila Densa, relevo fortemente ondulado, substrato gnaisse.
Ca5	CXd3	CAMBISSOLO HÁPLICO Distrófico típico, horizonte A moderado, textura argilosa, fase Floresta Ombrófila Mista, relevo fortemente ondulado, substrato caulim.
HGPd4	GXd3	ORGANOSSOLO HÁPLICO Hêmico típico, horizonte A hístico, textura orgânica, fase Restinga Hidrófila, relevo plano, substrato sedimentos recentes orgânicos do Período Quaternário.
HOa1	OXY	ORGANOSSOLO HÁPLICO Hêmico típico, horizonte A hístico, textura orgânica, fase Restinga Hidrófila, relevo plano, substrato sedimentos recentes orgânicos do Período Quaternário.
Ca2	CXd2	CAMBISSOLO HÁPLICO Distrófico típico, horizonte A moderado, textura argilosa, fase Floresta Ombrófila Densa, relevo plano/suavemente ondulado, substrato sedimentos recentes argilosos do Período Quaternário.

SIGLA ANTIGA	SIGLA	DESCRIÇÃO
PVa16	PAd4	ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico, horizonte A moderado, textura argilosa, fase Floresta Ombrófila Mista, relevo montanhoso, substrato gnaisse.
PVa2	PAd8	ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico, horizonte A proeminente, textura argilosa, fase Floresta Ombrófila Densa, relevo ondulado, substrato gnaisse.
PVa13	PAd3	ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico, horizonte A moderado, textura argilosa, fase Floresta Ombrófila Mista, relevo fortemente ondulado, substrato gnaisse
Ca32	CXd1	CAMBISSOLO HÁPLICO Distrófico típico, horizonte A moderado, textura argilosa, fase Floresta Ombrófila Densa, relevo ondulado, substrato gnaisse.
PVa1	PAd2	ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico, horizonte A moderado, textura argilosa, fase Floresta Ombrófila Densa, relevo ondulado, substrato gnaisse.
Cd4	CXd6	CAMBISSOLO HÁPLICO Distrófico típico, horizonte A proeminente, textura argilosa, fase Floresta Ombrófila Densa, relevo ondulado, substrato gnaisse.
PVa18	PAd9	ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico, horizonte A proeminente, textura argilosa/muito argilosa, fase Floresta Ombrófila Densa, relevo montanhoso, substrato gnaisse

Fonte: Uberti, (2011).

Figura 7 - Mapa de Classificação do Solo.



Fonte: Adaptado de Embrapa, (2012).

Ainda sobre os tipos de solos, Tucci (2009), os classifica em quatro grupos hidrológicos, sendo eles:

Grupo A: Solos que produzem baixo escoamento superficial e alta infiltração e/ou solos arenosos profundos com pouco silte e argila;

Grupo B: Solos menos permeáveis do que o anterior, solos arenosos menos profundo do que o tipo A e com permeabilidade superior á média;

Grupo C: Solos que geram escoamento superficial acima da média e com capacidade de infiltração abaixo da média, contendo percentagem considerável de argila e pouco profundo;

Grupo D: Solos contendo argilas expansivas e pouco profundos com muito baixa capacidade de infiltração, gerando a maior proporção de escoamento superficial.

Após a análise do mapa de classificação do solo e os grupos classificados por TUCCI (2009), identificou-se os tipos de solos presentes em cada sub-bacia, e o grupo a qual cada um deles pertence (Tabela 6, Tabela 7 e Tabela 8). Tendo a somatório total da área de cada sub-bacia foi feito a partir de regra de três foi possível encontrar o tipo de solo predominante em cada sub-bacia.

Tabela 7 - Tipo de solos ETA

SIGLA	Área (Km ²)	Grupo
CXd6	9,82	D
RLd3	13	B
Cxd3	3,81	D
GXd3	1,94	C
Grupo D – 47,71%		

Fonte: Autora, (2017).

Tabela 8 - Tipo se solos ETA Nova.

SIGLA	Área (Km ²)	Grupo
CXd6	17,64	D
RLd3	57,89	B
PAd6	25,15	C
CXd3	11,66	D
GXd3	48,48	C
Oxy	50,3	C
CXd2	9,87	D
PAd4	19,16	C
PAd8	14,96	D
PAd3	22,52	C
CXd1	17,96	D
PAd2	3,79	D
Cxd6	11,97	C
Grupo C – 57,04%		

Fonte: Autora, (2017).

Tabela 9 - Tipo se solos Ponte SC-301.

SIGLA	Área (Km²)	Grupo
Cxd6	18,97	D
RLd3	59,7	B
PAd6	66,62	C
Cxd3	11,66	D
Gxd3	51,59	C
Oxy	85,02	C
CXd2	9,87	D
PAd4	19,16	C
Pad8	15,92	D
PAd3	34,41	C
CXd1	18,16	D
Pad2	3,79	D
Cxd6	35,55	D
PAd9	1,45	C
Grupo C – 60,41%		

Fonte: Autora, (2017).

5.2 SIMULAÇÃO INICIAL

Para iniciar a primeira simulação no HEC-HMS e obter os valores de vazões simuladas, fizeram-se necessários alguns dados de entrada, referente a cada sub-bacia que estão descritos na Tabela 9.

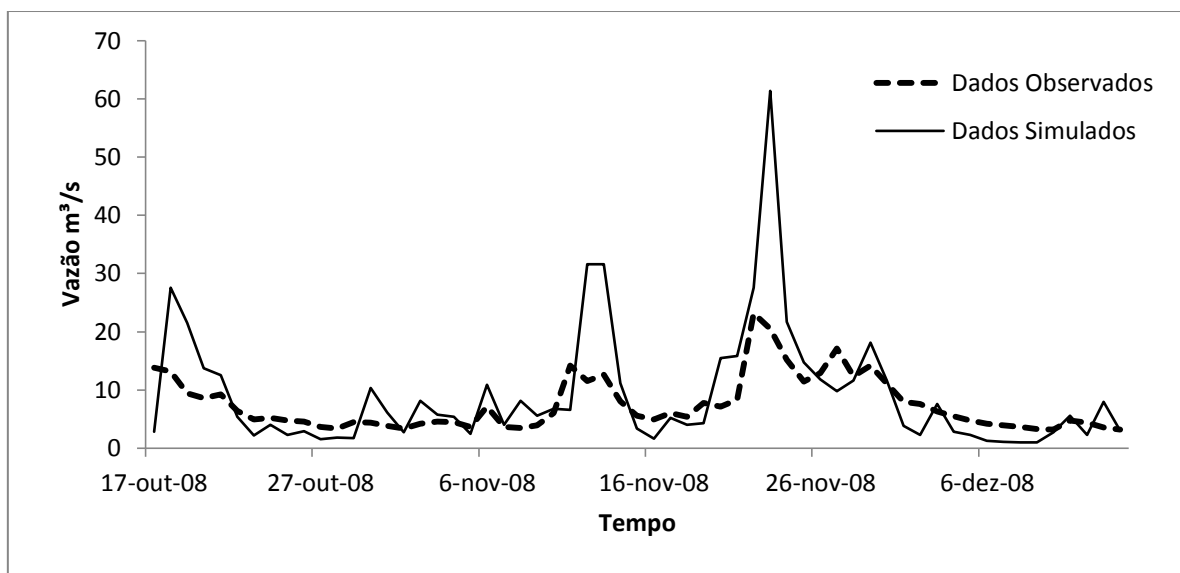
Tabela 10 - Dados de entrada para simulação inicial.

Sub-Bacias	Área total (Km²)	Tempo de Concentração(h)	CN	Ia
ETA	29,75	2,31	69,24	22,57
ETA Nova	315,5	13,10	69,23	22,58
Ponte SC-301	434,46	17,76	70,29	21,47

Fonte: Autora (2017).

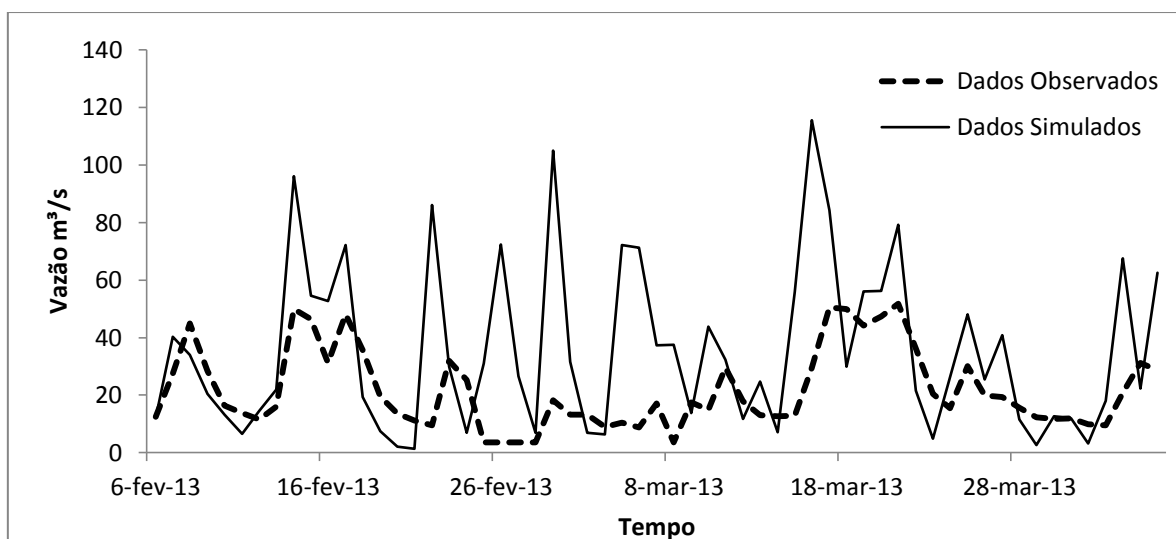
Depois de inserido estes dados (Tabela 9) ao programa, foi feito uma seleção de eventos (Tabelas no Anexo I), onde a partir dos eventos selecionados pode-se acrescentar os valores de precipitação e iniciar a simulação. Abaixo no Gráfico 1 e Gráfico 2, os quais representam os valores de dados simuladas e dados calculadas para os anos de 2008 e 2013 respectivamente.

Gráfico 1 - ETA.



Fonte: Autora (2017).

Gráfico 2 - Ponte SC-301.



Fonte: Autora (2017).

Observa-se a necessidade de uma calibração para o refinamento dos valores de vazão simulada, como será descrito a seguir.

5.3 CALIBRAÇÃO

Após a simulação inicial, pode-se notar que os valores de vazões simuladas estavam muito maiores se comparados aos valores de dados calculadas, a razão pelo qual foi feita uma

calibração no modelo, que implica na diminuição no valor de CN, conseqüentemente, novos dados para perdas iniciais (Ia) (Tabela 10).

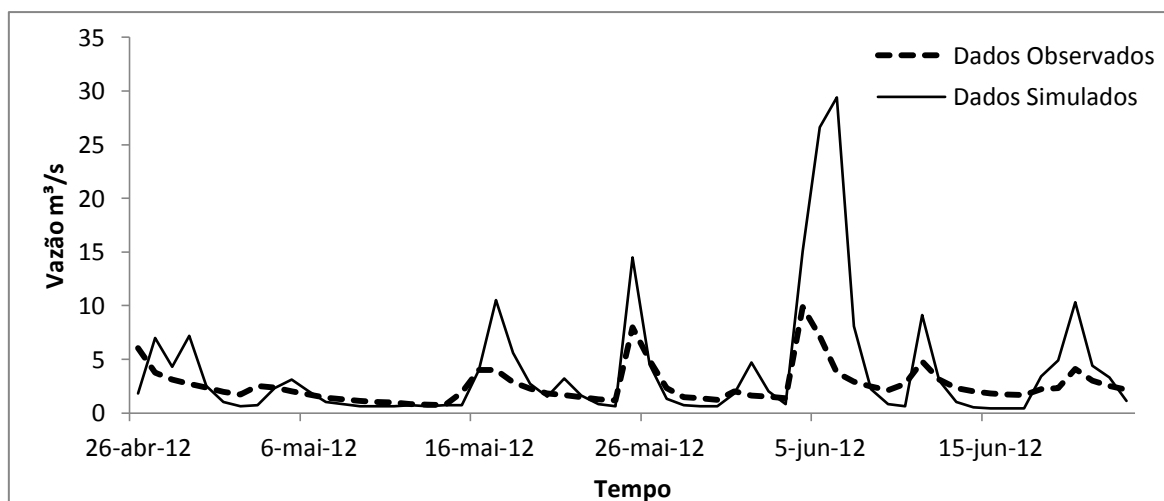
Tabela 11 - Dados de entrada para calibração.

Sub-Bacias	CN	Ia
ETA	52,12	46,67
ETA Nova	58,46	36,10
Ponte SC-301	59,24	34,95

Fonte: Autora (2017).

Desta forma foi possível iniciar uma nova simulação. Onde nos Gráfico 3 e Gráfico 4 contém os valores de dados simuladas e calculadas após a calibração. No anexo I contém os gráficos das simulações dos demais eventos.

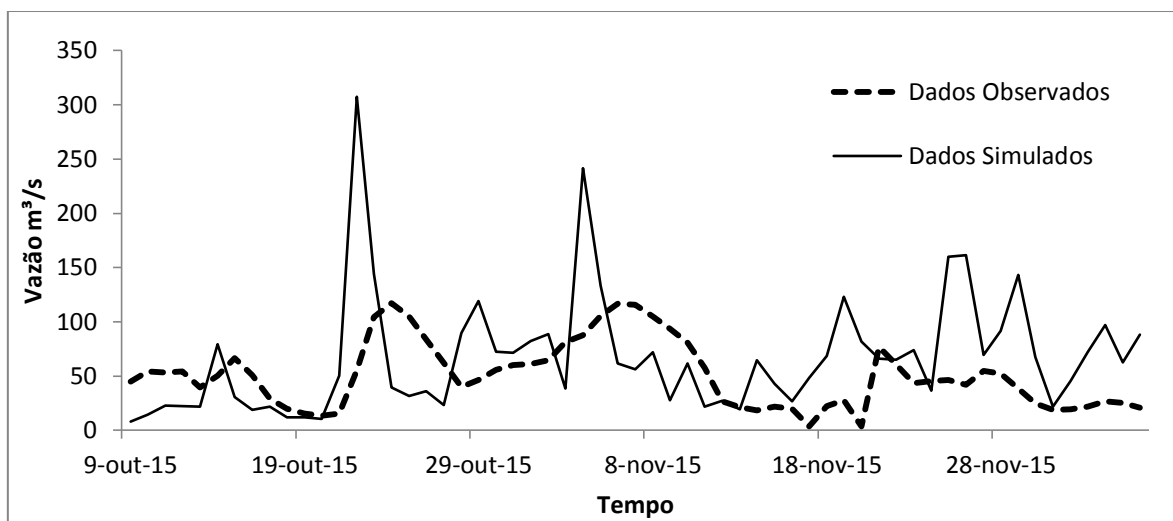
Gráfico 3 – ETA, 2012.



Fonte: Autora (2017).

Os valores encontrados não foram muito satisfatórios para a sub-bacia ETA, todavia o que pode ter ocorrido é uma superestimação da vazão, não necessariamente devido à limitações do modelo e sim por haver um vertedouro que mantém uma vazão constante, razão pela qual há essa diferença na vazão de pico.

Gráfico 4 - Ponte SC-301, 2015.



Fonte: Autora (2017).

No Gráfico 4 é possível observar que na seção da Ponte SC-301 não há ainda uma calibração satisfatória. Isto se deve provavelmente aos dados simulados estarem superestimados além da presença de rizicultura, pois não é possível saber a quantidade de água que a plantação retém nesta área.

Outro aspecto observado do Gráfico 4 é que o tempo de concentração da bacia pode está superestimado, pois o pico do dados simulados ocorre antes do pico do observado: eles estão defasados. Este fato pode ocorrer também devido a rizicultura ou pode estar havendo um superdimensionamento provocado pelas fórmulas utilizadas.

Como não há medição de vazão em um intervalo menor que um dia, para que se possa analisar o tempo de concentração pelos métodos de análise do hidrograma, optou-se por não calibrar este parâmetro.

A Tabela 12 e Tabela 13 representam os eventos selecionados associados às análises de desempenho do modelo.

Tabela 12 - Eventos e análise de desempenho ETA.

Data	R ²	CMR
17/10 – 14/12 de 2008	0,54	-0,07
01/01 – 28/02 de 2009	0,49	-0,02
08/01 – 07/03 de 2010	0,17	-0,45
11/01 – 10/03 de 2011	0,63	-0,5
26/04 – 23/06 de 2012	0,48	-0,3
08/02 – 07/04 de 2013	0,45	-0,35
14/02 – 13/04 de 2014	0,38	-0,51
03/10 – 30/11 de 2015	0,35	-0,15

Fonte: Autora. (2017).

Tabela 13 - Eventos e análise de desempenho Ponte SC-301.

Data	R ²	CMR
06/02- 05/04 de 2013	0,14	-0,78
26/05 – 23/07 de 2014	0,05	-0,22
09/10 – 06/12 de 2015	0,02	-0,33

Fonte: Autora, (2017).

Os valores das análises de desempenho sugerem o funcionamento dos modelos hidrológicos, mesmo que ainda não tão satisfatório para a Ponte-301. As Tabelas do Anexo I contem os dados observados, dados simulados e os valores de precipitação para as sub-bacias ETA e Ponte SC-301.

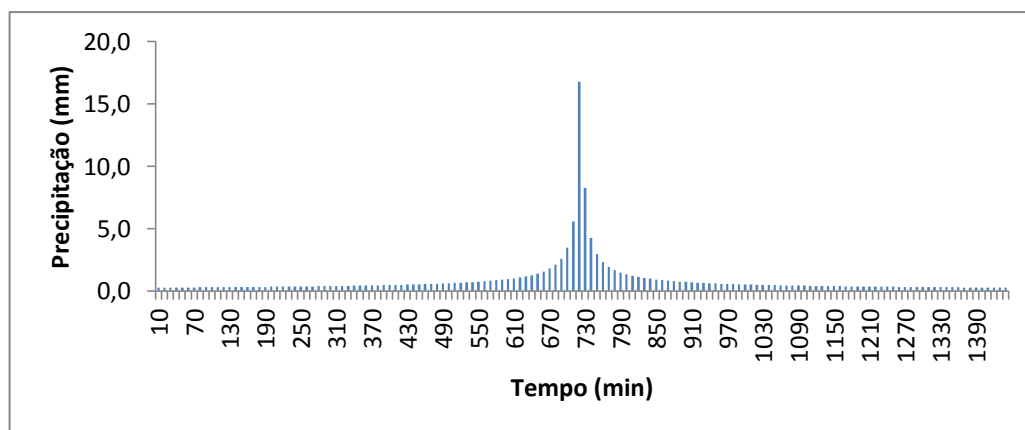
Na Tabela 12 pode-se observar que alguns períodos tiveram R² próximos há 0,5. Todos os CMR foram negativos, evidenciando que os valores observados são menores que os simulados.

O R² da Ponte SC-301 não foi satisfatório Tabela 13, e por esta razão sugere-se maior rigor na análise do tempo de concentração da bacia e do uso de ocupação do solo.

5.4 SIMULAÇÃO ETA NOVA

Para sub-bacia ETA Nova foram elaborados os hietogramas de projetos para os períodos de retorno de 2, 5, 10, 50, e 100 anos. Com a entrada de dados de precipitação no modelo HEC-HMS, obteve-se os hidrogramas. A Figuras 8 representa os Hietogramas de projeto para o tempo de retorno de 2 anos. Os resultados para os tempos de retorno de 5,10,50 e 100 anos encontram-se no Anexo I.

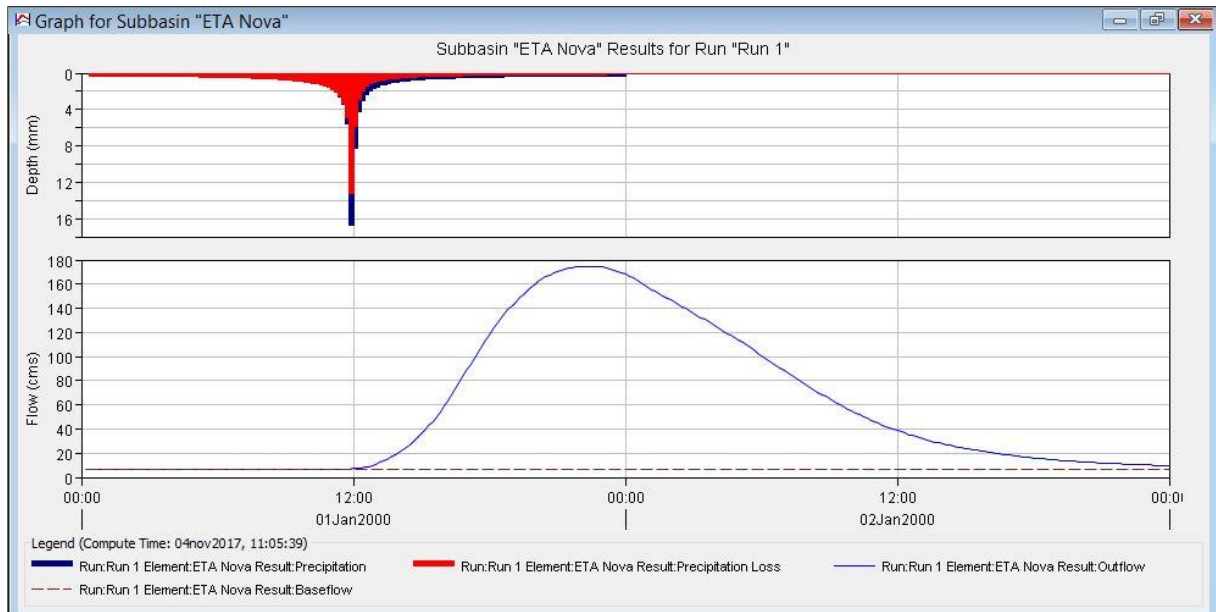
Figura 8 - Hietograma Tempo de Retorno 2 anos.



Fonte: Autora (2017).

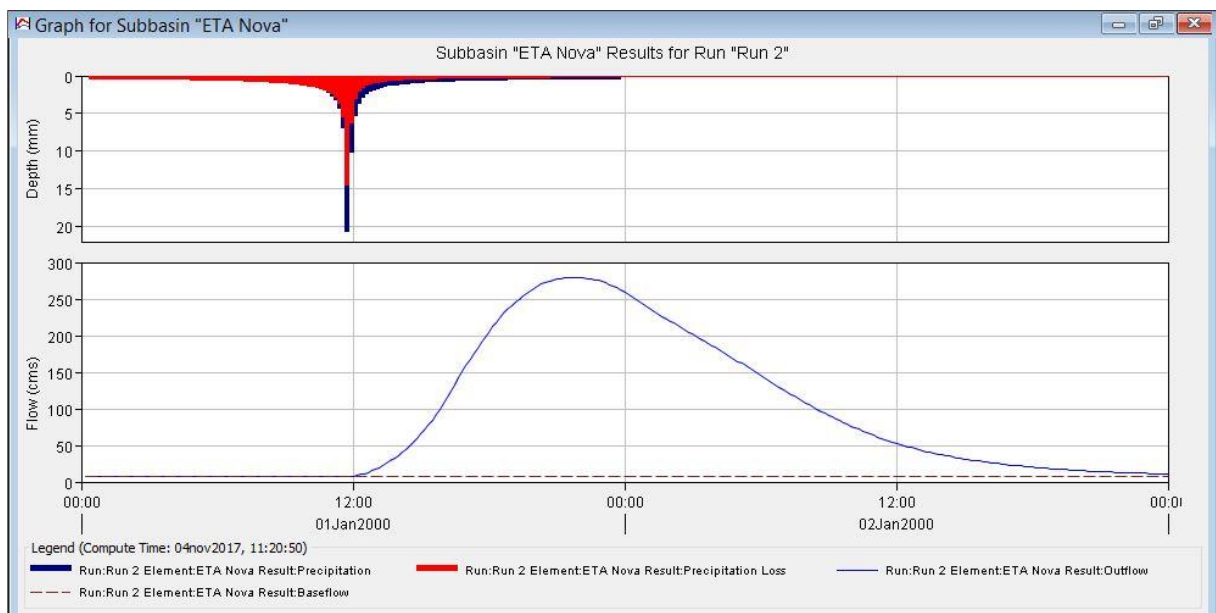
A partir da simulação no HEC-HMS pode-se obter os hidrogramas de projeto, que estão sendo mostrados nas Figuras 9, Figura 10, Figura 11, Figura 12 e Fiigura 13 a seguir para os tempos de retorno já citado anteriormente.

Figura 9 - Hidrograma Tempo de Retorno 2 anos.



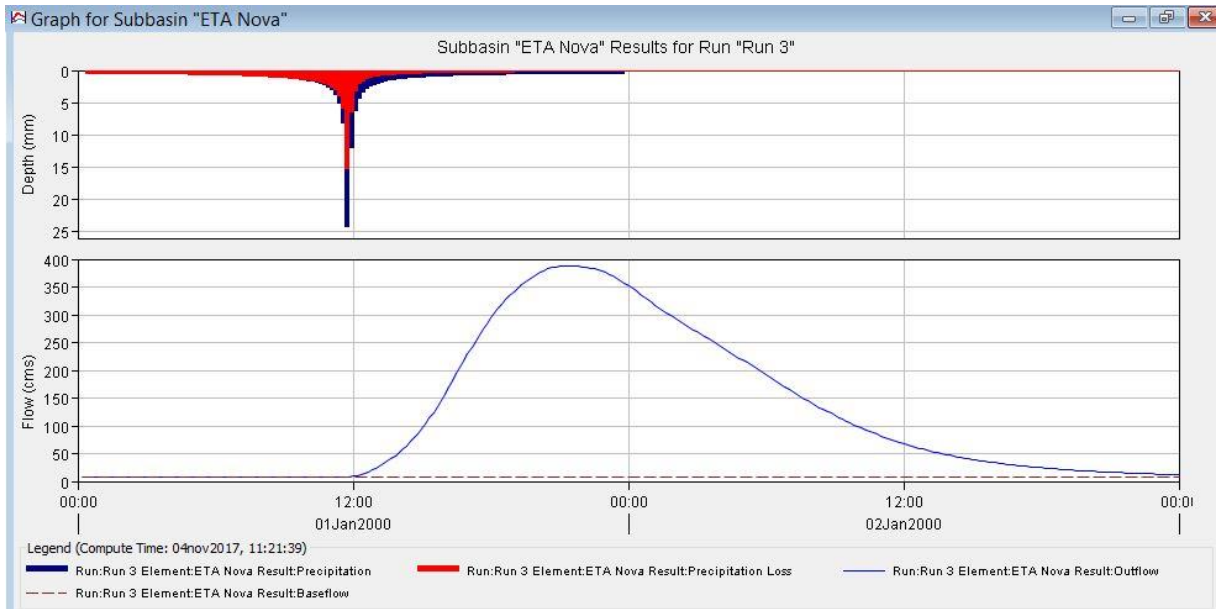
Fonte: Autora, (2017).

Figura 10 - Hidrograma Tempo de Retorno 5 anos.



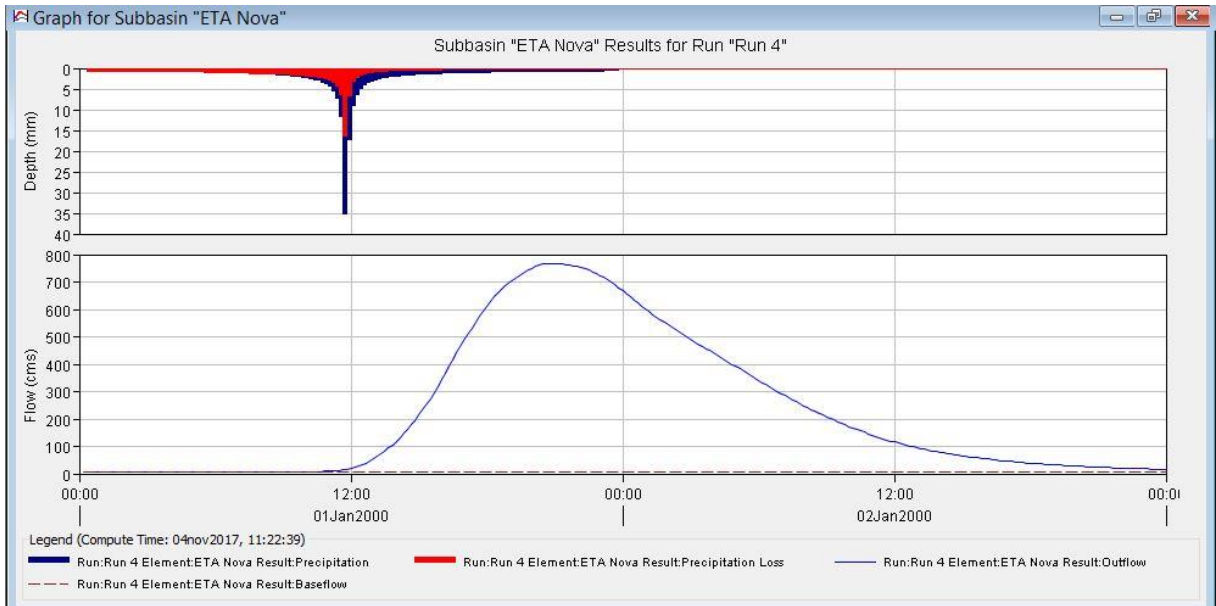
Fonte: Autora, (2017).

Figura 11 - Hidrograma Tempo de Retorno 10 anos.



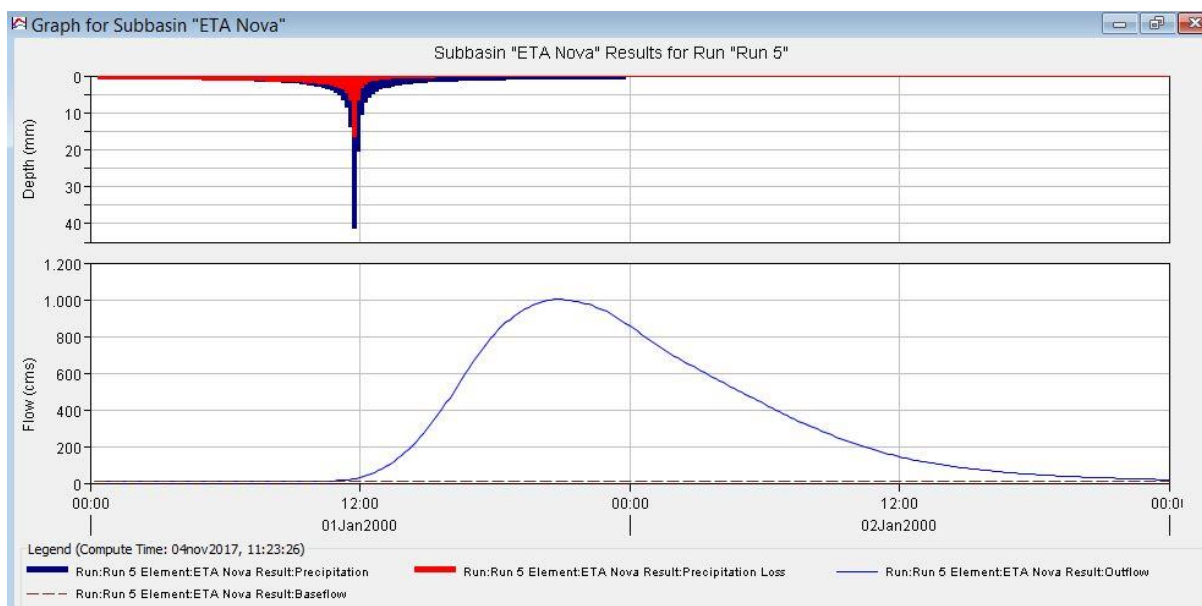
Fonte: Autora, (2017).

Figura 12 - Hidrograma Tempo de Retorno 50 anos.



Fonte: Autora, (2017).

Figura 13 - Hidrograma Tempo de Retorno 100 anos.



Fonte: Autora, (2017).

Nas Figuras, 9, 10, 11, 12 e 13 podem ser observados os hidrogramas obtidos a partir do modelo HEC-HMS, com a representação do comportamento das vazões e precipitações.

Embora com as limitações existentes, pode-se simular vazões de projeto para a sub-bacia ETA Nova, sendo possível encontrar valores satisfatórios nos seguintes tempos de retorno de 2, 5, 10, 50, e 100 anos. E estes dados podem contribuir para o estudo hidrológico da estação de tratamento de água. ETA a ser implantada.

A vazão encontrada para um tempo de retorno de 2 anos foi de 174,9 m³/s, Figura 10. Analisando as séries históricas da estação Ponte SC-301 foi possível encontrar uma vazão observada no ano de 2014 de 173,62 m³/s, sendo este um valor relativamente razoável.

Para os tempos de retorno de 5 anos (279,2 m³/s) e de 10 anos (388 m³/s), embora esses valores sejam altos, há registro de valores próximos a esses na série histórica de 16 de fevereiro de 1987 (333,14 m³/s), assim como na curva de permanência (350 m³/s) (SOUZA, 2012).

Para o tempo de retorno de 50 e 100 anos o valor encontrado na simulação foi de 768,1 m³/s e 1001,8 m³/s respectivamente. Como ainda não há um serie histórica confiável para os tempos de retorno de 50 e 100 anos, estes valores de vazão ainda não são totalmente confiáveis, porém foram obtidos a partir de métodos estatísticos de projeto.

6. CONCLUSÃO

Para que fosse possível este estudo foi necessária à elaboração de um estudo hidrológico na Bacia do Rio Piraí, através de simulação matemática utilizando o HEC-HMS. O que se observou é que a partir dos resultados, o modelo HEC-HMS foi capaz de construir hidrogramas sintéticos ajustados dentro das limitações existentes em cada sub-bacia, empregando o uso do método SCS-CN, os quais contribuem para avaliar processos hidrológicos.

Após a primeira simulação tornou-se necessário uma calibração do modelo. Sendo que após a calibração obteve-se os resultados dos dados simulados, o que favoreceu a comparação com os dados observados. Não houve um ajuste perfeito durante a simulação, pois possivelmente o que pode estar interferindo nesta simulação é a presença de um vertedouro na sub-bacia ETA e o intenso cultivo de arroz na sub-bacia Ponte SC-301.

A ausência de dados disponível nesta bacia compromete a análise mais precisa do comportamento do modelo para a BHRP.

Devido a isto é difícil ocorrer uma boa representação da dinâmica hidrológica, porém este estudo já pode ser utilizado para futuras simulações, por exemplo, se houver o aumento da urbanização e diminuição da rizicultura, o que implicará em uma reavaliação e novas simulações de cenários futuros de urbanização.

Recomenda-se verificar a existência de mais pontos de monitoramento de precipitação da bacia (e entorno) a fim de aplicar um método estatístico de chuvas. Também verificar a possibilidade de melhorar a série fluviométrica da Ponte SC-301 estabelecendo uma curva-chave mais atual e consistente, além de realizar o monitoramento em um intervalo de tempo menor que o diário. Pode-se também considerar a utilização de outros modelos hidrológicos para realizar comparações entre os métodos e verificar qual modelo representa cenários mais próximos da realidade.

REFERÊNCIAS

- BACK, A. J. **Chuvas intensas e chuvas de projeto de drenagem superficial no estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2002. 65 p.
- COLLISCHONN, W.; TASSI, R. **Introduzindo a hidrologia**. 2008. 149 p. Trabalho Acadêmico (Apostila). Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre. RS. 2008.
- FRANCO, E. J. **Dimensionamento de bacias de detenção das águas pluviais com base no método racional**. 2004. 143 p. Tese (Mestrado) - Programa Pós Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2004.
- GAYATHRI, K. D. et al. **A review on hydrological models**. 2015. 7 p. Trabalho Acadêmico (Artigo) - Department of Applied Mechanics and Hydraulics, National Institute of Technology Karnataka, Mangalore, Karnataka. India. 2015.
- MACEDO, R. L. **Estudo hidrológico da Bacia do Rio Negrinho – SC utilizando o HEC-HMS**. 2010. 50 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis. 2010.
- MAIA, B. G. O. et al. **Bacias hidrográficas da região de Joinville**. Joinville: Comitê Cubatão Cachoeira Joinville; Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE), 2013.
- MALUTTA, Simone. **Estudo hidrossedimentológico da bacia hidrográfica do Rio Negrinho - SC com o modelo swat**. 2012. 77 p. Tese (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2012.
- MARINHO, G. M. F. et al. Modelos hidrológicos : Conceitos e Aplicabilidade. **Revista de Ciências Ambientais**, Canoas, RS, v. 6, n. 2, p. 35 – 47, 2012.
- MORADKHANI, H; SOROOSHIAN, S. **General review of rainfall-runoff modeling: Model calibration, data assimilation, and uncertainty analysis**. 2009. 24 p. Trabalho Acadêmico (Artigo) - Department of Civil and Environmental Engineering, Portland State University, Portland, OR. USA. 2009.
- MOREIRA, I. A. **Modelagem hidrológica chuva-vazão com dados de radar e pluviômetros**. 2005. 81 p. Tese (Mestrado) – Programa Pós Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2005.
- PAULINO, P. F. **Estudo sobre a sensibilidade dos parâmetros do método SCS na determinação de hidrogramas de cheias em bacias urbanas**. 2014. Tese [Mestrado em Engenharia Civil (Hidráulica e Saneamento)] – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.
- PERES, C. B. **Análise da variação dos hidrogramas de cheia na bacia do Córrego Grande**. 2015. 137 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis. 2015.

PONTES, P. R. M. **Comparação de modelos hidrodinâmicos simplificado de propagação de vazão em rios e canais**. 2011. 144 p. Tese (Mestrado) - Programa de Pós Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRS), Porto Alegre. 2011.

SANTOS, J. B. **Modelagem hidrológica HEC-HMS da bacia hidrográfica do Ribeirão Lavapés, Botucatu – SP**. 2017. 50 p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade do Estado de São Paulo, Botucatu. 2017.

SOUZA, J. I. **Estudo quantitativo na Bacia Hidrográfica do Rio Itapocu a partir das curvas de permanência**. Município de Joinville, 2012.

TOMAZ, Plínio. **Hietograma pelo método dos blocos alternados**. In: TOMAZ, Plínio. (Org.). **Curso de manejo de águas pluviais**. Guarulhos, SP. 2010.

TUCCI, Calos. E.M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. Editora da Universidade. ABRH: EDUSP. Porto Alegre. Coleção ABRH de Recursos Hídricos. V. 4. 1993.

TUCCI, Carlos E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: Ed. Da. UFRGS, 2009.

TUCCI, C.E.M.; PORTO, R.L.L.; BARROS, M.T. **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade/UFRGS, 1995.

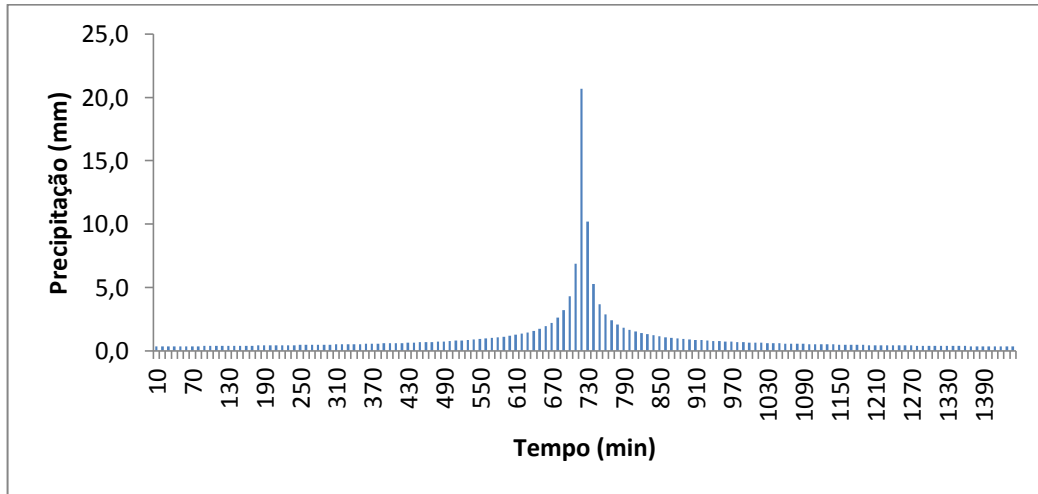
UBERTI, Antônio A. A. **Boletim técnico do levantamento da cobertura pedológica e da aptidão agrícola das terras da bacia hidrográfica do Rio Piraí**. Município de Joinville, 2011.

U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS – HMS-Hydrologic Modeling System: **User's Manual**. US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center. 2010. 157 p.

ZEH, K.K. **Correlação de dados históricos de qualidade da água da bacia hidrográfica do Rio Piraí em Joinville-SC**. 2014. 73 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE), Joinville. SC. 2014.

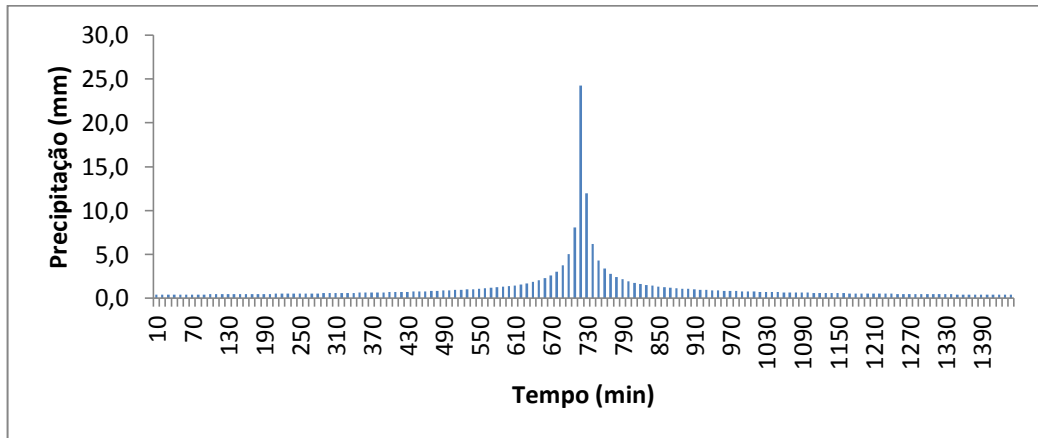
ANEXO I

Figura 14 - Hietograma Tempo de Retorno 5 anos.



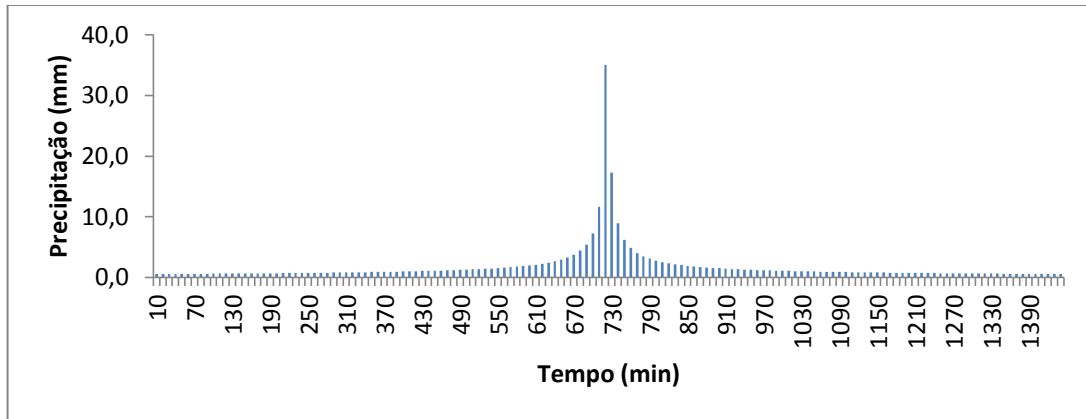
Fonte: Autora, (2017).

Figura 15 - Hietograma Tempo de Retorno 10 anos.



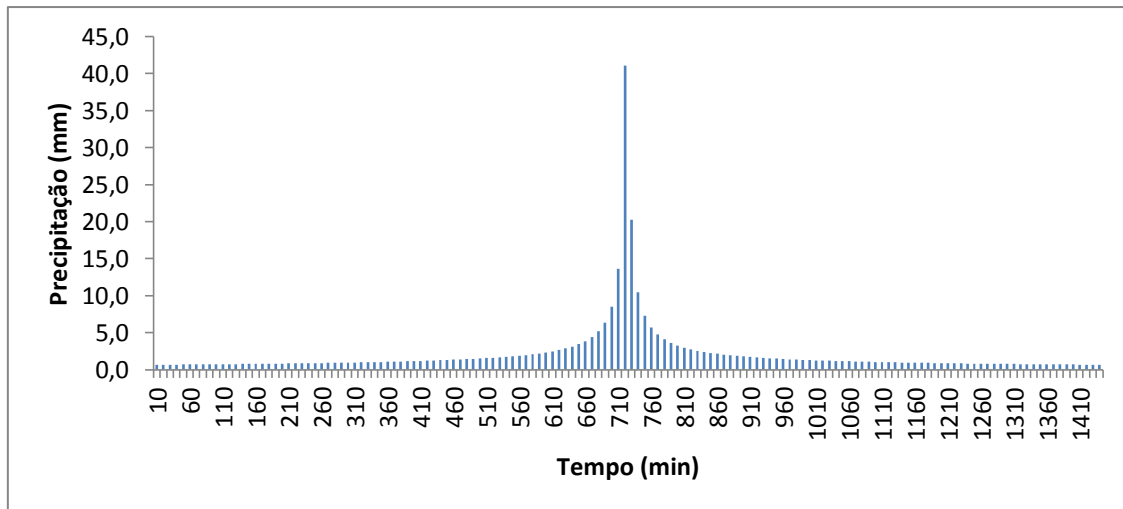
Fonte: Autora, (2017).

Figura 16 - Hietograma Tempo de Retorno 50 anos.



Fonte: Autora, (2017).

Figura 17 - Hietograma Tempo de Retorno 100 anos.



Fonte: Autora, (2017).

A seguir encontram-se as Tabelas 14 a 24 dos eventos selecionados com os valores de precipitação e dados observados e simulados.

Tabela 14 – Eventos 2008, ETA.

Data	P	Dado Obs.	Dado Sim.
17/10/2008	55,5	13,823975	0,5
18/10/2008	146,1	13,141475	16,2
19/10/2008	58,5	9,386675	15,1
20/10/2008	33	8,631475	10,5
21/10/2008	36	9,195175	10,1
22/10/2008	6,4	6,375975	4,2
23/10/2008	1,5	4,9201	1,5
24/10/2008	11,9	5,2131	3,1

Data	P	Dado Obs.	Dado Sim.
25/10/2008	2,5	4,7763	1,6
26/10/2008	6,9	4,563975	2,1
27/10/2008	0,2	3,6907	0,9
28/10/2008	3,1	3,375075	1,2
29/10/2008	2,3	4,4941	1,1
30/10/2008	38,2	4,3557	8,7
31/10/2008	10,5	3,8201	5
01/11/2008	2,4	3,375075	2
02/11/2008	26,4	4,2191	6,9
03/11/2008	10,8	4,563975	4,8
04/11/2008	12,2	4,4941	4,5
05/11/2008	0,8	3,6907	1,9
06/11/2008	38,1	7,1223	9,6
07/11/2008	0,2	3,6907	3,3
08/11/2008	25,5	3,4373	7,1
09/11/2008	9,9	3,885475	4,8
10/11/2008	17,9	6,055975	5,9
11/11/2008	15,7	14,1713	5,8
12/11/2008	116,1	11,5061	29,3
13/11/2008	87,3	12,5851	29,6
14/11/2008	8,5	8,083975	10,2
15/11/2008	0	5,589475	2,8
16/11/2008	0	4,9201	1,1
17/11/2008	15,5	6,055975	4,5
18/11/2008	6,4	5,3623	3,4
19/11/2008	9,2	7,727975	3,6
20/11/2008	53,3	7,1223	14,5
21/11/2008	42,1	8,3557	14,8
22/11/2008	89,3	23,1303	26,3
23/11/2008	209,3	20,5563	59,4
24/11/2008	16,7	15,237575	20,8
25/11/2008	35,5	11,400675	13,9
26/11/2008	28,4	12,917575	11,1
27/11/2008	23,5	17,0957	9,2
28/11/2008	32,2	12,3657	11
29/11/2008	55,6	14,1713	17,3
30/11/2008	22,6	11,0871	10,8
01/12/2008	0	7,9943	3,2
02/12/2008	3,3	7,552675	1,8
03/12/2008	24,7	6,2953	7
04/12/2008	0	5,5133	2,3
05/12/2008	3,5	4,7763	1,8
06/12/2008	0	4,2191	0,8
07/12/2008	0	3,885475	0,6
08/12/2008	0	3,626675	0,5

Data	P	Dado Obs.	Dado Sim.
09/12/2008	0	3,3133	0,5
10/12/2008	6,7	3,1911	2,2
11/12/2008	16,1	4,7763	5
12/12/2008	0	4,3557	1,7
13/12/2008	26,6	3,5631	7,4
14/12/2008	0	3,1911	2,4

Fonte: Autora, (2017).

Tabela 15 - Eventos 2009, ETA.

Data	P	Dado Obs.	Dado Sim.
01/01/2009	0	2,7203	0,5
02/01/2009	0,8	5,743175	0,9
03/01/2009	7,4	5,3623	0,9
04/01/2009	51,6	4,563975	1,1
05/01/2009	22,7	3,251975	2
06/01/2009	0	3,011175	1,2
07/01/2009	0	2,777575	0,9
08/01/2009	0	2,7203	0,9
09/01/2009	0	2,663475	0,9
10/01/2009	15,3	3,011175	2
11/01/2009	40,9	5,437575	5,5
12/01/2009	0	3,5631	2,1
13/01/2009	0	2,893475	1,1
14/01/2009	11,7	4,017575	2,4
15/01/2009	43,4	3,6907	7,7
16/01/2009	8,5	3,130675	4,1
17/01/2009	23	3,375075	5,5
18/01/2009	2,5	3,375075	2,5
19/01/2009	0,4	2,9521	1,3
20/01/2009	62,9	4,705075	12,6
21/01/2009	2,3	4,017575	4,6
22/01/2009	0	3,375075	1,6
23/01/2009	1,6	2,8353	1,3
24/01/2009	2,4	2,551175	1,4
25/01/2009	0	3,1911	1
26/01/2009	13,1	5,589475	3,5
27/01/2009	66,3	8,3557	15,3
28/01/2009	83	10,17068	22,9
29/01/2009	5,3	8,3557	7,9
30/01/2009	7,4	7,1223	4
31/01/2009	0	4,847975	1,6
01/02/2009	0	3,8201	1
02/02/2009	0	3,4373	1,2
03/02/2009	0,2	3,130675	1,2
04/02/2009	13,3	3,011175	4,2

Data	P	Dado Obs.	Dado Sim.
05/02/2009	0	2,777575	2
06/02/2009	0	2,551175	1,3
07/02/2009	0	2,6071	1,2
08/02/2009	9,2	2,331975	3,2
09/02/2009	12,4	3,011175	4,6
10/02/2009	31,5	5,5133	9,3
11/02/2009	16,1	4,017575	7,1
12/02/2009	0	3,130675	2,6
13/02/2009	19,1	3,011175	5,9
14/02/2009	0,5	2,777575	2,6
15/02/2009	4	2,6071	2,4
16/02/2009	0	2,440675	1,5
17/02/2009	29,2	3,4373	8
18/02/2009	1,4	2,777575	3,4
19/02/2009	0	2,225075	1,6
20/02/2009	0	2,016675	1,3
21/02/2009	0	1,815475	1,2
22/02/2009	5,1	1,527175	2,4
23/02/2009	0	2,4957	1,5
24/02/2009	11,6	2,3861	4
25/02/2009	24,2	6,215075	7,6
26/02/2009	13,5	5,743175	6,1
27/02/2009	19,5	4,2191	7
28/02/2009	26,9	3,375075	9,1

Fonte: Autora, (2017).

Tabela 16 - Eventos 2010, ETA.

Data	P	Dado Obs.	Dado Sim.
08/01/2010	46,2	10,8803	0,9
09/01/2010	54,6	10,6753	3,5
10/01/2010	9,9	7,2931	2,5
11/01/2010	0,6	6,2953	1,3
12/01/2010	24,3	4,2191	3,7
13/01/2010	25,1	22,400675	4,9
14/01/2010	154,7	11,0871	29,2
15/01/2010	7,7	6,869475	10,3
16/01/2010	12,3	7,037575	5,3
17/01/2010	12,2	7,552675	4,5
18/01/2010	17,2	5,589475	5,3
19/01/2010	32,2	5,5133	8,9
20/01/2010	43,5	4,4941	12,5
21/01/2010	55,1	7,207475	16,2
22/01/2010	5,3	10,573475	6,1
23/01/2010	112,8	26,7891	28
24/01/2010	145,3	10,983475	42,9

Data	P	Dado Obs.	Dado Sim.
25/01/2010	13,1	7,207475	15,1
26/01/2010	4,8	6,2953	5,1
27/01/2010	6,3	5,139175	3,3
28/01/2010	1,2	4,424675	1,7
29/01/2010	16	3,8201	4,9
30/01/2010	0,3	3,3133	2,1
31/01/2010	0	2,8353	1,1
01/02/2010	1,9	2,663475	1,4
02/02/2010	0	2,6071	1,3
03/02/2010	0	2,331975	1,2
04/02/2010	0	2,119975	1,2
05/02/2010	0	2,016675	1,2
06/02/2010	0	1,915175	1,2
07/02/2010	0	1,7663	1,2
08/02/2010	0	6,6207	1,2
09/02/2010	80,9	7,2931	20,8
10/02/2010	31,6	3,011175	14,4
11/02/2010	1,6	2,225075	4,8
12/02/2010	22,2	4,6343	7,4
13/02/2010	4,9	2,777575	4
14/02/2010	0	2,1723	1,8
15/02/2010	19,8	2,0681	6,2
16/02/2010	1,4	1,815475	2,9
17/02/2010	33	3,3133	9,6
18/02/2010	136,8	5,0657	37,3
19/02/2010	22,3	4,3557	16,6
20/02/2010	14,8	3,755175	8,3
21/02/2010	0	4,0843	2,9
22/02/2010	29,3	3,755175	8,7
23/02/2010	21,7	3,5631	8,7
24/02/2010	8,4	3,0707	5,2
25/02/2010	10,7	2,7203	4,8
26/02/2010	0	2,6071	2,1
27/02/2010	2,1	2,225075	1,9
28/02/2010	0,7	3,5631	1,5
01/03/2010	0,9	3,3133	1,5
02/03/2010	23,7	3,1911	6,6
03/03/2010	13,1	5,6661	5,5
04/03/2010	35,6	8,083975	10,7
05/03/2010	55,2	5,287475	17,1
06/03/2010	70,5	5,8207	22,6
07/03/2010	4,3	5,5133	7,5

Fonte: Autora, (2017).

Tabela 17 - Eventos 2011, ETA.

Data	P	Dado Obs.	Dado Sim.
11/01/2011	62,3	3,8201	1,1
12/01/2011	2	2,551175	1
13/01/2011	3,1	2,663475	1
14/01/2011	11,4	2,8353	1,5
15/01/2011	35,1	11,2957	3,9
16/01/2011	22,2	3,5631	4,2
17/01/2011	34,7	4,6343	6,4
18/01/2011	2,4	3,755175	2,7
19/01/2011	41,9	5,3623	7,9
20/01/2011	48,9	9,005475	11,6
21/01/2011	142,1	22,98348	32,6
22/01/2011	161,1	12,91758	45,7
23/01/2011	3,5	5,9771	13,5
24/01/2011	22,2	5,0657	8,6
25/01/2011	0	3,8201	2,8
26/01/2011	0	3,3133	1,2
27/01/2011	0	2,663475	0,9
28/01/2011	0	2,4957	0,9
29/01/2011	0,8	3,011175	1,1
30/01/2011	22,8	2,4957	6,3
31/01/2011	3,8	2,7203	3,3
01/02/2011	1,1	3,3133	1,7
02/02/2011	21,4	2,551175	6,4
03/02/2011	18,6	2,7203	7
04/02/2011	1,6	2,6071	3,1
05/02/2011	0	2,119975	1,6
06/02/2011	11,1	2,016675	3,9
07/02/2011	14,9	2,331975	5,5
08/02/2011	3,4	2,0681	3,1
09/02/2011	1,3	1,8651	1,9
10/02/2011	9,5	1,8651	3,6
11/02/2011	24,8	2,225075	7,8
12/02/2011	0,6	2,0681	3,1
13/02/2011	10,4	2,1723	4,1
14/02/2011	72,7	11,40068	19,4
15/02/2011	86,2	15,47948	27,2
16/02/2011	31,1	10,37118	15,6
17/02/2011	35,9	6,2953	13,4
18/02/2011	5,4	3,5631	5,6
19/02/2011	0	2,777575	2,1
20/02/2011	0	2,663475	1,3
21/02/2011	0	2,6071	1,2
22/02/2011	17,5	2,6071	5,5
23/02/2011	57,8	2,8353	16,6

Data	P	Dado Obs.	Dado Sim.
24/02/2011	15,8	2,8353	9,3
25/02/2011	5,2	3,1911	4,4
26/02/2011	14,2	2,777575	5,4
27/02/2011	0,3	2,6071	2,3
28/02/2011	4,2	2,225075	2,4
01/03/2011	0,5	2,119975	1,6
02/03/2011	16,4	3,4373	4,8
03/03/2011	1,9	4,6343	2,2
04/03/2011	29,7	4,287175	8,3
05/03/2011	26,8	5,2131	9,4
06/03/2011	11,6	5,8207	5,8
07/03/2011	49,4	5,743175	14,1
08/03/2011	2,6	4,9201	4,9
09/03/2011	17,9	5,287475	6
10/03/2011	22,6	8,3557	7,7

Fonte: Autora, (2017).

Tabela 18 - Eventos 2012, ETA.

Data	P	Dado Obs.	Dado Sim.
26/04/2012	80,9	6,055975	1,3
27/04/2012	61,7	3,755175	6,5
28/04/2012	14,5	3,130675	3,8
29/04/2012	37,7	2,7203	6,7
30/04/2012	0,6	2,3861	2
01/05/2012	0	1,9657	0,5
02/05/2012	0	1,717575	0,1
03/05/2012	0,7	2,4957	0,2
04/05/2012	10,4	2,3861	1,8
05/05/2012	12,1	2,016675	2,6
06/05/2012	4,6	1,717575	1,5
07/05/2012	0,8	1,434675	0,5
08/05/2012	0,7	1,255075	0,3
09/05/2012	0	1,1251	0,1
10/05/2012	0	1,0407	0,1
11/05/2012	0	0,9581	0,1
12/05/2012	0,9	0,837575	0,2
13/05/2012	0,2	0,759475	0,1
14/05/2012	0,9	0,7211	0,2
15/05/2012	0,6	1,915175	0,2
16/05/2012	19,1	4,017575	3,5
17/05/2012	47,4	4,017575	10
18/05/2012	12,2	2,8353	5,1
19/05/2012	4,8	2,2783	2,2
20/05/2012	2,3	1,815475	1
21/05/2012	12,2	1,6693	2,7

Data	P	Dado Obs.	Dado Sim.
22/05/2012	1,8	1,4807	1,1
23/05/2012	0	1,255075	0,3
24/05/2012	0,2	1,167975	0,1
25/05/2012	66,4	7,9943	14
26/05/2012	0,4	4,9201	4
27/05/2012	0	2,331975	0,8
28/05/2012	0	1,4807	0,2
29/05/2012	0	1,343975	0,1
30/05/2012	0	1,2113	0,1
31/05/2012	5,7	2,016675	1,3
01/06/2012	17,5	1,621475	4,2
02/06/2012	2,1	1,527175	1,5
03/06/2012	0,2	1,3891	0,3
04/06/2012	66,2	9,8733	14,6
05/06/2012	96,4	7,1223	26,1
06/06/2012	94	3,755175	28,9
07/06/2012	0,8	2,893475	7,6
08/06/2012	1,2	2,440675	1,7
09/06/2012	0,5	2,119975	0,3
10/06/2012	0,9	2,7203	0,1
11/06/2012	36,4	4,7763	8,6
12/06/2012	0,7	3,130675	2,5
13/06/2012	0,3	2,331975	0,5
14/06/2012	0	2,016675	0
15/06/2012	0	1,815475	-0,1
16/06/2012	0	1,717575	-0,1
17/06/2012	0,2	1,6693	-0,1
18/06/2012	12,4	2,225075	2,9
19/06/2012	15,4	2,331975	4,4
20/06/2012	36,4	4,0843	9,8
21/06/2012	5,5	3,011175	3,9
22/06/2012	8,4	2,4957	2,8
23/06/2012	0	2,1723	0,6

Fonte: Autora, (2017).

Tabela 19 - Eventos 2013, ETA.

Data	P	Dado Obs.	Dado Sim.
08/02/2013	47,2	4,2191	2,7
09/02/2013	2,3	2,9521	5,8
10/02/2013	4,2	2,1723	3,2
11/02/2013	0	1,815475	6,9
12/02/2013	0,6	1,6693	2,8
13/02/2013	23,6	2,119975	1,5
14/02/2013	0,9	1,8651	1,2
15/02/2013	13,5	2,1723	1,3

Data	P	Dado Obs.	Dado Sim.
16/02/2013	1,5	2,8353	2,6
17/02/2013	56,5	2,7203	2,4
18/02/2013	2,2	2,1723	1,8
19/02/2013	16,4	1,5741	1,4
20/02/2013	0	1,6693	1,4
21/02/2013	0	1,815475	1,2
22/02/2013	8,8	1,9657	1,2
23/02/2013	0	2,119975	1,2
24/02/2013	0	1,6693	1,3
25/02/2013	0	2,119975	1,2
26/02/2013	19	2,0681	1,2
27/02/2013	12,7	1,7663	1,2
28/02/2013	16,2	2,2783	3,8
01/03/2013	0,9	2,331975	6,2
02/03/2013	4,3	2,016675	3,5
03/03/2013	0	1,915175	1,7
04/03/2013	0	1,7663	1,7
05/03/2013	10,9	3,375075	2,2
06/03/2013	32,7	2,4957	1,2
07/03/2013	8	2,016675	0,7
08/03/2013	7,3	1,915175	0,7
09/03/2013	0,4	2,1723	11,1
10/03/2013	5,5	1,8651	4,3
11/03/2013	16,6	1,717575	1,4
12/03/2013	0	1,5741	0,8
13/03/2013	4,9	2,0681	0,6
14/03/2013	13,8	1,7663	1,6
15/03/2013	5,5	1,5741	1,4
16/03/2013	36,8	2,6071	2,5
17/03/2013	14,1	3,0707	1,4
18/03/2013	16,2	2,663475	0,8
19/03/2013	23,1	5,5133	11,7
20/03/2013	31,1	6,055975	20,5
21/03/2013	9,8	4,3557	14,8
22/03/2013	2,2	3,6907	4,3
23/03/2013	0,5	3,5631	1,4
24/03/2013	12,6	3,5631	0,8
25/03/2013	19,7	3,1911	5,6
26/03/2013	0,3	2,893475	6,8
27/03/2013	9,5	2,551175	2,3
28/03/2013	0,4	2,3861	1
29/03/2013	5,2	2,119975	0,7
30/03/2013	16,2	2,1723	0,6
31/03/2013	5,5	1,915175	0,6
01/04/2013	2,2	1,815475	0,8

Data	P	Dado Obs.	Dado Sim.
02/04/2013	1,6	1,717575	4,1
03/04/2013	13,7	2,551175	3,3
04/04/2013	13,5	2,2783	6,1
05/04/2013	19,7	2,8353	10,5
06/04/2013	0	2,1723	5,3
07/04/2013	0	1,9657	1,4

Fonte: Autora, (2017).

Tabela 20 - Eventos 2014, ETA.

Data	P	Dado Obs.	Dado Sim.
14/02/2014	81,2	3,3133	2,3
15/02/2014	12,1	1,9657	2,3
16/02/2014	10,7	2,6071	2,4
17/02/2014	16,4	7,8163	3,1
18/02/2014	90,9	10,6753	14,6
19/02/2014	35,5	4,2191	11,1
20/02/2014	0	2,2783	3,6
21/02/2014	0	1,7663	1,7
22/02/2014	2,7	1,7663	1,7
23/02/2014	1,9	1,8651	1,7
24/02/2014	7,2	1,7663	2,6
25/02/2014	19,2	1,7663	5,2
26/02/2014	3,2	1,9657	2,9
27/02/2014	2,1	1,7663	2
28/02/2014	13,4	1,5741	4
01/03/2014	8,9	1,4807	3,7
02/03/2014	11,2	1,7663	3,5
03/03/2014	4,3	1,5741	2,2
04/03/2014	2,6	1,915175	1,5
05/03/2014	11,8	2,0681	3,2
06/03/2014	9,9	1,5741	3,4
07/03/2014	0,4	1,3891	1,4
08/03/2014	3,8	1,3891	1,6
09/03/2014	14,7	2,1723	3,9
10/03/2014	1,8	1,3891	1,9
11/03/2014	26,33	1,434675	6,5
12/03/2014	22,4	1,7663	7,1
13/03/2014	40,9	5,0657	11,3
14/03/2014	22,9	4,2191	8,6
15/03/2014	0	2,4957	2,6
16/03/2014	0	1,7663	1
17/03/2014	0	1,7663	0,7
18/03/2014	99,7	4,0843	23,4
19/03/2014	12,8	3,6907	10

Data	P	Dado Obs.	Dado Sim.
20/03/2014	0	2,6071	2,7
21/03/2014	0	3,4373	1
22/03/2014	0	3,1911	0,6
23/03/2014	22,2	2,4957	5,8
24/03/2014	2,1	1,9657	2,6
25/03/2014	0	1,5741	1
26/03/2014	2,2	1,5741	1,2
27/03/2014	0	2,2783	0,8
28/03/2014	28,2	1,9657	7,3
29/03/2014	1,2	1,8651	2,8
30/03/2014	0,7	1,5741	1,2
31/03/2014	4,7	1,5741	1,9
01/04/2014	8,2	1,5741	2,9
02/04/2014	21,3	1,4807	5,8
03/04/2014	46,9	9,2907	12,9
04/04/2014	39,9	5,3623	13,2
05/04/2014	0	3,1911	3,5
06/04/2014	0	2,6071	0,8
07/04/2014	0	2,3861	0,3
08/04/2014	0	1,9657	0,2
09/04/2014	2,4	1,8651	0,7
10/04/2014	0,9	1,717575	0,5
11/04/2014	5,1	1,6693	1,5
12/04/2014	0,3	1,5741	0,6
13/04/2014	0	1,4807	0,3

Fonte: Autora, (2017).

Tabela 21 - Eventos 2015, ETA.

Data	P	Dado Obs.	Dado Sim.
03/10/2015	9,8	1,6693	0,4
04/10/2015	13,9	1,9657	0,4
05/10/2015	10,3	2,119975	0,4
06/10/2015	0,6	1,915175	0,4
07/10/2015	0,8	1,7663	0,4
08/10/2015	13,5	2,225075	0,4
09/10/2015	33,3	3,755175	1,6
10/10/2015	6,4	3,9513	1,2
11/10/2015	37,7	3,9513	4,1
12/10/2015	9,8	3,3133	2,6
13/10/2015	7,2	2,893475	1,8
14/10/2015	44,9	7,4657	7,2
15/10/2015	0,9	4,847975	2,4
16/10/2015	8,8	4,3557	2,2
17/10/2015	14,4	3,885475	3,3

Data	P	Dado Obs.	Dado Sim.
18/10/2015	6,2	2,9521	2,2
19/10/2015	0,7	2,3861	1
20/10/2015	0,4	2,0681	0,6
21/10/2015	14,2	3,6907	2,9
22/10/2015	48,8	18,3907	10,1
23/10/2015	80,7	5,5133	19,4
24/10/2015	16,1	3,626675	8,9
25/10/2015	14,7	3,8201	5,5
26/10/2015	18,7	4,3557	5,7
27/10/2015	4,5	3,8201	2,7
28/10/2015	8,5	6,703175	2,8
29/10/2015	35,3	8,7243	8,8
30/10/2015	64,9	8,1741	17,4
31/10/2015	19,2	5,589475	9,4
01/11/2015	24,1	8,264675	8,1
02/11/2015	53,9	13,7091	15,3
03/11/2015	38,6	9,2907	13,7
04/11/2015	22	13,7091	9,3
05/11/2015	43	12,1481	13,1
06/11/2015	102,1	8,9113	28,6
07/11/2015	8,1	7,8163	10,3
08/11/2015	17,8	7,727975	7,1
09/11/2015	0,9	5,8207	2,6
10/11/2015	0,6	5,139175	1,3
11/11/2015	4,5	4,4941	2
12/11/2015	0,7	3,6907	1,3
13/11/2015	5,2	3,3133	2,2
14/11/2015	0,8	3,885475	1,4
15/11/2015	7,9	3,9513	2,8
16/11/2015	12,3	3,3133	4,3
17/11/2015	9,8	3,130675	4,1
18/11/2015	10,2	3,0707	4,1
19/11/2015	30,4	3,6907	9,1
20/11/2015	51,8	3,0707	15,7
21/11/2015	3,3	2,893475	5,6
22/11/2015	2	2,893475	2,3
23/11/2015	14,8	4,2191	4,7
24/11/2015	48	5,2131	13,7
25/11/2015	2,8	4,2191	5
26/11/2015	52,2	8,3557	14,6
27/11/2015	33,8	6,2953	12,9
28/11/2015	4,4	5,2131	4,9
29/11/2015	3,1	3,9513	2,5
30/11/2015	3,6	4,151475	2

Fonte: Autora, (2017).

Tabela 22 - Eventos 2013, Ponte SC-301.

Data	P	Dado Obs.	Dado. Sim
06/02/2013	41,2	12,4604	10,7
07/02/2013	24,3	27,530275	26,3
08/02/2013	11,3	44,95	27,7
09/02/2013	5,3	28,3526	21,8
10/02/2013	3,45	16,306	17,9
11/02/2013	1,25	13,738	13,8
12/02/2013	5,35	11,619175	19,2
13/02/2013	7,25	15,9506	24,6
14/02/2013	33,6	49,8572	80,6
15/02/2013	9,6	46,456	51
16/02/2013	13,3	31,265	51,3
17/02/2013	19	47,987	68,4
18/02/2013	0	35,6374	25,3
19/02/2013	1	19,4884	15,5
20/02/2013	0	13,5748	11,2
21/02/2013	0,2	11,0996	10,6
22/02/2013	26,9	9,5464	82,3
23/02/2013	1,7	32,0156	34,9
24/02/2013	0	25,36	15,2
25/02/2013	9	3,5954	36,2
26/02/2013	19,3	3,5954	72,4
27/02/2013	2	3,5954	32,7
28/02/2013	0,2	3,5954	13,4
01/03/2013	30,7	18,143	100,6
02/03/2013	0,55	13,2514	35,3
03/03/2013	0	13,2514	13,3
04/03/2013	1,3	9,0116	12,9
05/03/2013	20,6	10,5208	72,4
06/03/2013	14,75	8,7502	72,1
07/03/2013	5,35	17,0288	41,2
08/03/2013	8,1	3,5954	41,5
09/03/2013	1,05	17,488675	19,8
10/03/2013	11,6	14,9084	47,5
11/03/2013	5,7	29,5486	37,1
12/03/2013	0,95	17,861075	18,1
13/03/2013	6,15	13,0912	30
14/03/2013	0	12,695075	13,8
15/03/2013	15,4	12,932	59,2
16/03/2013	28,2	29,5486	115,1
17/03/2013	14,85	50,4886	86,1
18/03/2013	2,4	49,8572	35,4
19/03/2013	13,75	44,206375	60

Data	P	Dado Obs.	Dado. Sim
20/03/2013	11,45	47,3716	60,4
21/03/2013	18	51,7634	82,3
22/03/2013	0	36,1708	27,6
23/03/2013	0,05	20,379175	11,8
24/03/2013	6,9	15,511975	32,1
25/03/2013	11,25	30,155975	52,9
26/03/2013	3,35	19,8818	31,4
27/03/2013	9,55	19,2932	46,2
28/03/2013	0,05	15,5992	18,2
29/03/2013	0	12,3052	9,8
30/03/2013	3,2	11,6944	19,2
31/03/2013	2,35	11,8456	17,9
01/04/2013	0	9,958	9,6
02/04/2013	4,8	9,5464	23,9
03/04/2013	17,3	20,8828	71,2
04/04/2013	1,05	31,265	28,1
05/04/2013	15,95	28,5898	66,6

Fonte: Autora, (2017).

Tabela 23 - Eventos 2014, Ponte SC-301.

Data	P	Dado Obs.	Dado. Sim
26/05/2014	32,35	41,4376	7
27/05/2014	0,65	39,7354	7
28/05/2014	0,1	14,2336	7
29/05/2014	0	10,5208	7
30/05/2014	0	8,3656	7
31/05/2014	6,1	7,443475	7,4
01/06/2014	6,25	10,5208	9
02/06/2014	0,05	9,1438	7,1
03/06/2014	0,1	7,0324	6,7
04/06/2014	0,1	6,3562	6,7
05/06/2014	4,6	6,085075	8,9
06/06/2014	53,05	16,1278	74,5
07/06/2014	96,05	64,3138	251,5
08/06/2014	115,35	3,5954	419,2
09/06/2014	19,7	162,6182	179,7
10/06/2014	0	173,623	45,8
11/06/2014	6,4	158,0926	34,6
12/06/2014	11,8	139,0456	51,5
13/06/2014	3,85	123,6946	31,1
14/06/2014	3,65	3,5954	24,4
15/06/2014	16,15	68,309	64,2
16/06/2014	0,35	55,0204	23,4
17/06/2014	0,1	25,025575	10,3
18/06/2014	32,1	25,8094	114,3

Data	P	Dado Obs.	Dado. Sim
19/06/2014	1,5	48,2962	41,6
20/06/2014	0,15	35,3722	14,4
21/06/2014	0	18,5224	8,2
22/06/2014	0	14,993875	6,7
23/06/2014	0,1	13,0912	6,9
24/06/2014	0,15	11,769875	7,2
25/06/2014	2,6	10,9534	15,5
26/06/2014	2,7	11,026375	18,2
27/06/2014	4	11,173075	23,1
28/06/2014	14,3	11,026375	59,3
29/06/2014	18,9	26,605475	85,2
30/06/2014	0,05	38,8978	27,6
01/07/2014	0	16,8466	10,7
02/07/2014	0	11,395	6,3
03/07/2014	0,05	10,2374	5,8
04/07/2014	0	9,5464	5,7
05/07/2014	0,1	8,945875	6
06/07/2014	0,1	8,685475	6
07/07/2014	8,8	8,4928	35,8
08/07/2014	3,95	19,390675	27,6
09/07/2014	1,2	11,921575	15,2
10/07/2014	11,8	15,862375	48,3
11/07/2014	0,1	14,569	17,7
12/07/2014	3,5	10,880675	20
13/07/2014	3,05	13,2514	19,9
14/07/2014	1,05	11,395	12,8
15/07/2014	3	10,449575	17,7
16/07/2014	2,05	9,751075	15,9
17/07/2014	0,35	8,945875	9,4
18/07/2014	0,95	7,928275	9,7
19/07/2014	0	7,207075	6,7
20/07/2014	0,1	6,6898	6,1
21/07/2014	0,1	6,521875	6,1
22/07/2014	0	6,247	5,7
23/07/2014	0	5,872675	5,6

Fonte: Autora, (2017).

Tabela 24 - Eventos 2014, Ponte SC-301.

Data	P	Dado Obs.	Dado. Sim
09/10/2015	39,25	44,95	8,1
10/10/2015	14,6	54,361	14,3
11/10/2015	14,45	53,0542	22,6
12/10/2015	8,85	54,0328	22,5
13/10/2015	7,35	39,4552	21,7
14/10/2015	37,85	50,33038	79,3

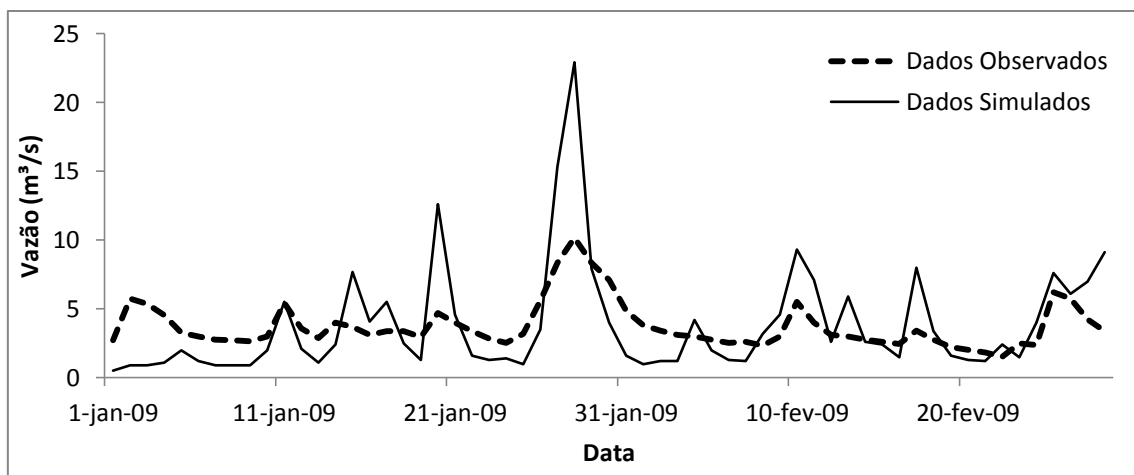
Data	P	Dado Obs.	Dado. Sim
15/10/2015	1,4	66,478	30,4
16/10/2015	3,05	50,96478	18,8
17/10/2015	5,15	29,0672	21,6
18/10/2015	0,3	19,98078	11,9
19/10/2015	1,6	15,5992	12,1
20/10/2015	0,7	13,2514	10,4
21/10/2015	18,05	15,2518	50,1
22/10/2015	104,5	55,0204	307,2
23/10/2015	17,7	104,3984	144,4
24/10/2015	0,2	117,322	39,7
25/10/2015	5,7	104,6266	31,6
26/10/2015	7,25	83,857	35,8
27/10/2015	2,7	62,1856	23,4
28/10/2015	24,75	39,7354	89,6
29/10/2015	27,65	46,1528	119,2
30/10/2015	10,85	55,51758	72,4
31/10/2015	14,65	60,0934	71,4
01/11/2015	17,6	61,135	82,4
02/11/2015	18,7	64,672	88,8
03/11/2015	3	81,22158	38,3
04/11/2015	66,95	87,5758	241,4
05/11/2015	17,85	105,542	133,4
06/11/2015	7,15	116,8388	61,6
07/11/2015	10,45	115,8754	56
08/11/2015	15,2	104,6266	72
09/11/2015	1,1	93,73758	27,9
10/11/2015	14,4	81,0206	61,6
11/11/2015	0	57,698	21,9
12/11/2015	5	26,491	27,3
13/11/2015	1,9	21,4954	19,2
14/11/2015	15,6	18,143	64,5
15/11/2015	5,7	22,01278	42,9
16/11/2015	3,1	19,6846	26,6
17/11/2015	10,35	3,5954	48,2
18/11/2015	14,25	22,117	68,3
19/11/2015	28,2	27,8812	122,9
20/11/2015	12,25	3,5954	81,6
21/11/2015	11,5	76,6624	66,1
22/11/2015	12,1	60,4396	65
23/11/2015	14,55	43,61598	73,7
24/11/2015	3,4	45,5494	36,5
25/11/2015	40,95	46,1528	160,1
26/11/2015	31,25	41,86878	161,4
27/11/2015	6,3	54,85518	69,3
28/11/2015	19,55	52,4068	91,5

Data	P	Dado Obs.	Dado. Sim
29/11/2015	31,65	38,6206	143,3
30/11/2015	6,7	24,6934	67,3
01/12/2015	0,3	18,9058	22
02/12/2015	10	19,39068	45,4
03/12/2015	15,3	21,59838	72,1
04/12/2015	20,2	26,83518	97
05/12/2015	8,9	25,24828	62,5
06/12/2015	18,75	20,8828	88

Fonte: Autora, (2017).

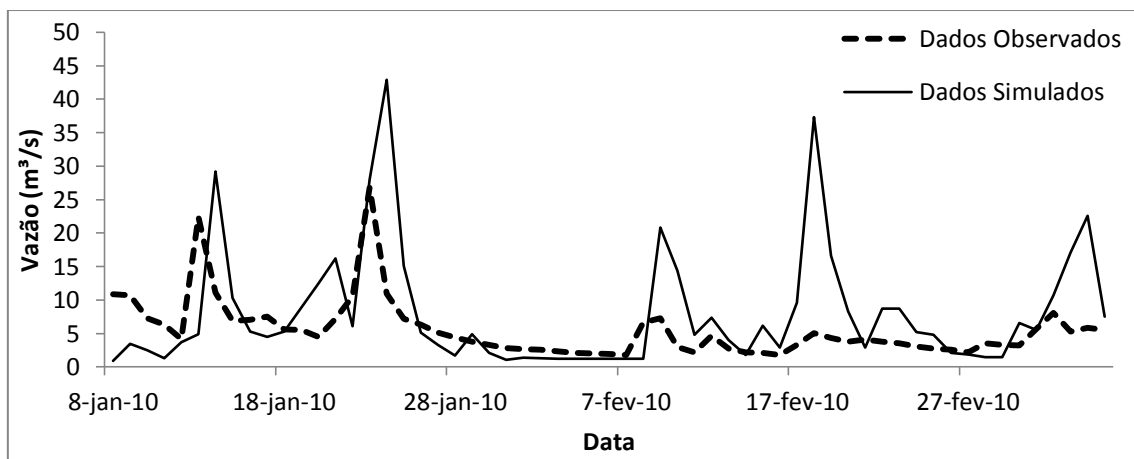
Os gráficos 5 a 12 referem-se aos eventos calibrados da ETA e Ponte SC-301 respectivamente.

Gráfico 5 - ETA, 2009.



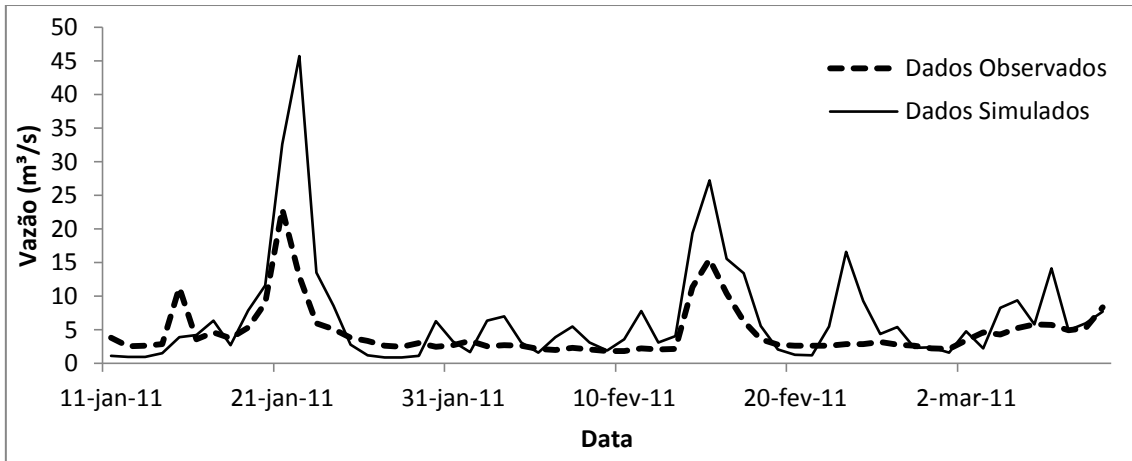
Fonte: Autora, (2017).

Gráfico 6 - ETA, 2010.



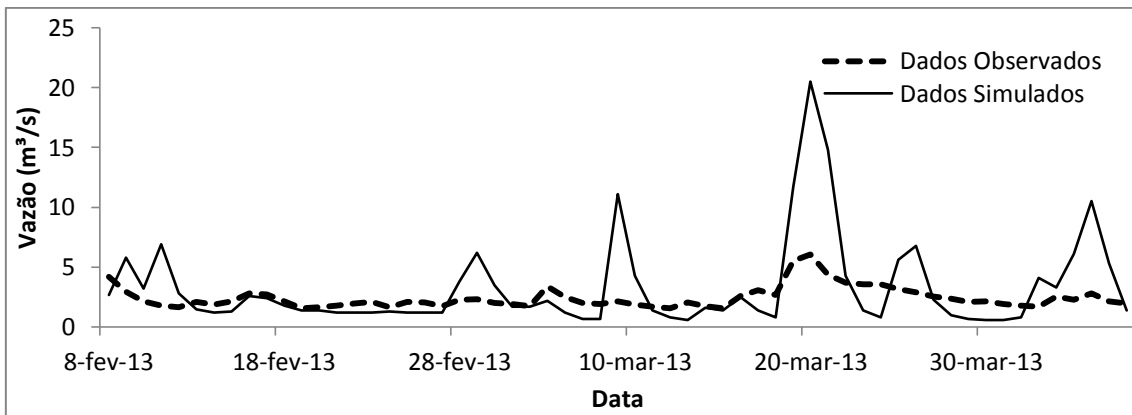
Fonte: Autora, (2017).

Gráfico 7 - ETA, 2011.



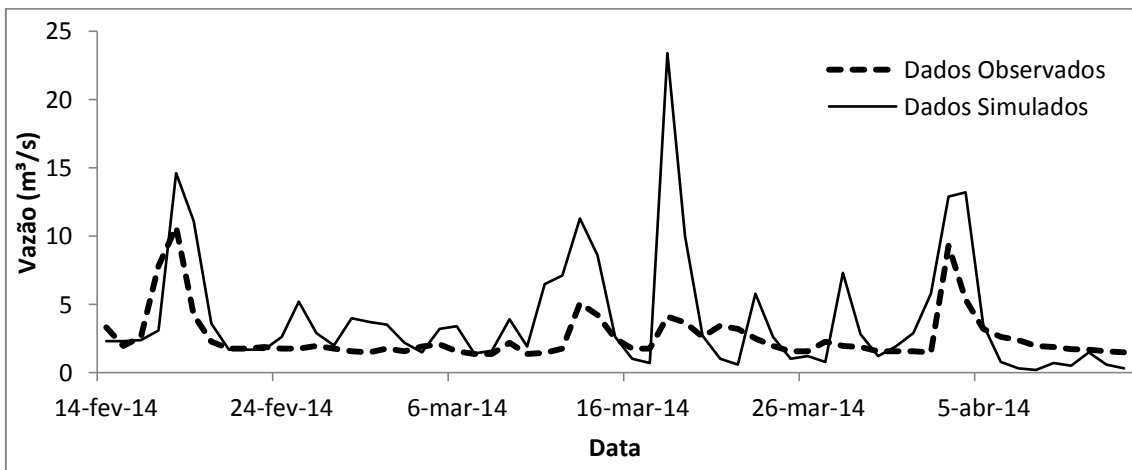
Fonte: Autora, (2017).

Gráfico 8 - ETA, 2013.



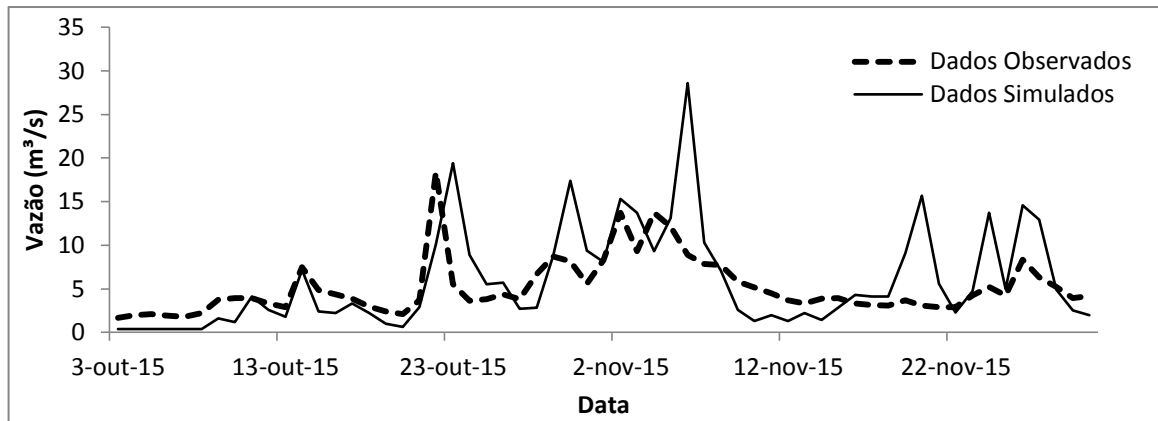
Fonte: Autora, (2017).

Gráfico 9 - ETA, 2014.



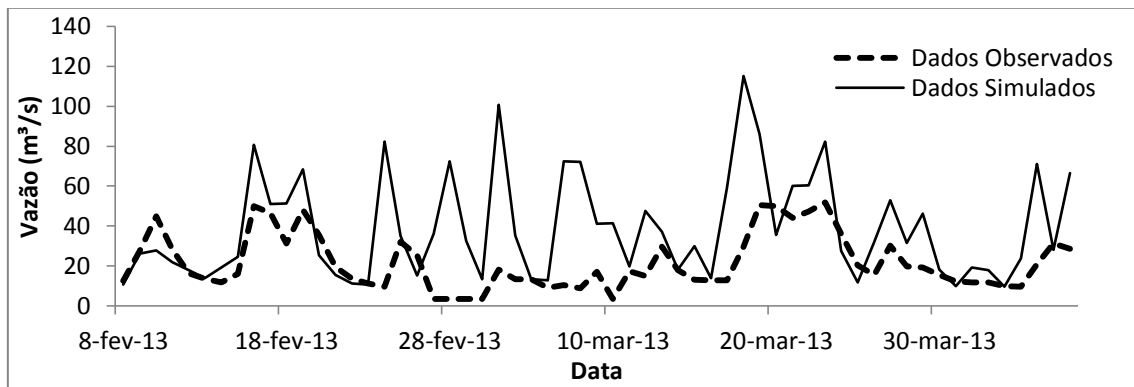
Fonte: Autora, (2017).

Gráfico 10 - ETA, 2015.



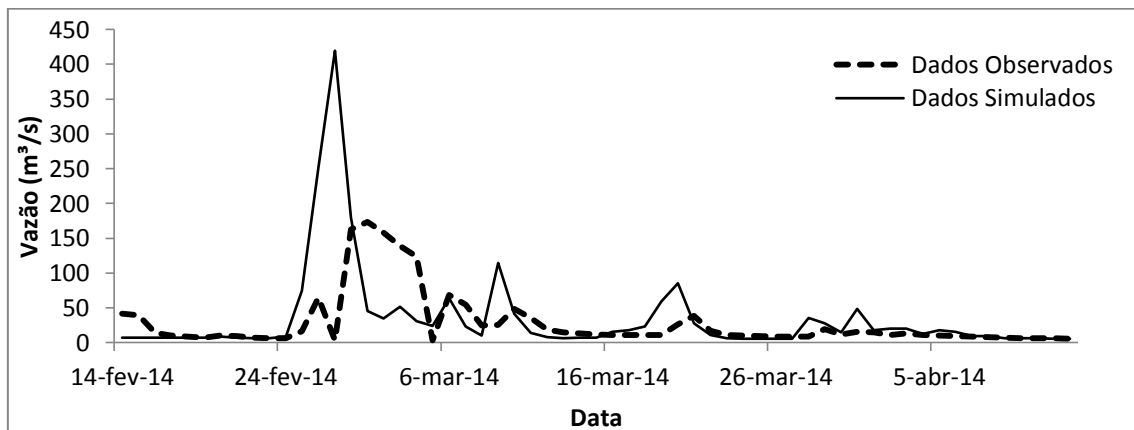
Fonte: Autora, (2017).

Gráfico 11 – Ponte SC-301, 2013.



Fonte: Autora, (2017).

Gráfico 12 – Ponte SC-301, 2014.



Fonte: Autora, (2017).