

Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental  
Ed. Especial GIAU-UEM, Maringá – PR  
Santa Maria, v. 19, 2015, p. 59 - 66  
Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas – UFSM  
ISSN : 22361170



## Diagnóstico da rede de drenagem urbana de uma sub-bacia do córrego Osório, Maringá – PR

Diagnosis of urban drainage system in a sub-basin of the stream Osório, Maringá - PR

Anderson Matheus Bernardino Gonçalves<sup>1</sup>, Silas Daniel Roveri<sup>2</sup>, Monigleicia Alcalde Orioli<sup>3</sup>,  
Andréa Sartori Jabur<sup>4</sup>, Cristhiane Michiko Passos Okawa<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Graduando do curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, Brasil

<sup>2</sup> Engenheiro Civil, Maringá, PR, Brasil

<sup>3</sup> Engenheira Civil, Pós graduação em Engenharia Urbana, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, Brasil

<sup>4</sup> Profa. Doutora, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, PR, Brasil

<sup>5</sup> Profa. Doutora, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, Brasil

### Resumo

*A impermeabilização das superfícies quando do crescimento das cidades ocasiona aumento no volume e na velocidade do escoamento superficial. Os sistemas de drenagem urbano são então construídos para conduzir as águas pluviais, de forma apropriada, para jusante. Em Maringá, Paraná, frequentes alagamentos em pontos considerados críticos tem se tornado um problema de gestão municipal. Um desses pontos críticos é o cruzamento das avenidas Palmares e Guaiapó, onde se tem observado alagamentos com danos à população, inclusive com perdas de bens materiais. Neste contexto, o objetivo do presente trabalho foi analisar a rede de drenagem urbana em uma sub-bacia do córrego Osório que contribui diretamente no ponto crítico supra citado, por meio de simulação de cenários usando programa computacional. Após a calibração e validação do modelo, foram simulados três cenários com mudanças em duas variáveis: tempo de retorno e tempo de duração da chuva. Em todos os cenários, observou-se que a rede de drenagem está subdimensionada e operando em condições críticas, mesmo para chuvas de pequena intensidade e curto tempo de duração. Conclui-se que deverão ser estudadas medidas de intervenção de baixo impacto que favoreçam a infiltração da água pluvial no solo, de tal forma que as velocidades e vazões na rede de drenagem diminuam.*

**Palavras-chave:** Alagamentos e simulação. Cenários de drenagem urbana. Chuvas e alagamentos em Maringá.

### Abstract

*The surfaces sealing that happen with the growth of cities causes an increase in the volume and speed of runoff. Urban drainage systems are then constructed for conducting the rainwater, as appropriate, to the downstream. In Maringa, Parana, frequent flooding in considered critical points has become a problem of the city management. One of these critical points is the intersection of Palmares Avenue and Guaiapó Avenue, where it has been seen flooding with damage to the population, including loss of material goods. In this context, the aim of this study is to analyse the urban drainage system in a sub-basin of the Osorio Stream that contributes directly at the critical point mentioned above, through simulation scenarios using a computer program. After calibration and validation of the model, three scenarios were simulated with changes in two variables: return time and rain time duration. In all scenarios, it was observed that the drainage system is undersized and operating in critical conditions, even of low intensity and short duration rains. The conclusion is that there should to be studied low-impact intervention to encourage the infiltration of rainwater into the soil, so that the speed and flow decreases.*

**Keywords:** Overflow and simulation, urban drainage scenarios, rain and overflow in Maringá.

## 1 Introdução

A construção de cidades provoca uma mudança no uso e ocupação do solo, que passa a ter superfícies impermeáveis, além de um aumento na densidade demográfica do local onde a urbe está localizada. A impermeabilização das superfícies, por sua vez, provoca aumento no volume e na velocidade do escoamento superficial, acarretando problemas, como alagamentos nas áreas urbanas (TUCCI, 2007).

Para conduzir as águas pluviais para fora das cidades são construídas as redes de drenagem urbana. Quando essa rede é dimensionada para determinada condição de projeto, alterações nas variáveis podem resultar em uma rede subdimensionada. Por exemplo, se uma área extensa que possui cobertura vegetal de grama for substituída por um shopping center com seu estacionamento, a impermeabilização da superfície resultará em um coeficiente de escoamento superficial superior à existente na condição inicial.

Estendendo esse conceito para a construção de cidades, o projetista adota hipóteses de trabalho para determinar a vazão de projeto; dependendo das hipóteses adotadas (valores de coeficiente de escoamento superficial, intensidade e duração da chuva de projeto) e do crescimento futuro da cidade, a rede de drenagem urbana pode estar subdimensionada antes do horizonte de projeto ser atingido.

A cidade de Maringá tem apresentado frequentes alagamentos decorrentes de chuvas intensas, especialmente em alguns pontos considerados críticos, pelos danos causados aos moradores inclusive com perdas de bens materiais.

Dentro deste contexto, um dos pontos críticos onde têm ocorrido alagamentos com frequência é o cruzamento das avenidas Palmares e Guaiapó e o objetivo deste trabalho foi investigar se a rede de drenagem urbana na área a montante do cruzamento é capaz de drenar a vazão de projeto que foi considerada na época de sua implantação ( $Q_1$ ) e/ou a vazão de projeto atual ( $Q_2$ ).

Para isso, uma das ferramentas utilizadas foi o programa computacional de análise e dimensionamento Bentley® SewerGEMS®, para simular diferentes cenários na área de estudo e verificar a situação na rede de drenagem sob diferentes hipóteses de trabalho. Diversos pesquisadores brasileiros utilizaram programas computacionais com essa finalidade (BERGES, 2013; COSTA, 2013; PONTREMOLEZ, 2013; TOMINAGA, 2013) e, embora os programas computacionais utilizados tenham sido outros (SWMM, Hec-Has), os resultados foram bastante interessantes e serviram de base teórica.

## 2 Caracterização da área de estudo

A bacia do córrego Osório situa-se no setor Nordeste da cidade de Maringá-PR, entre os paralelos 23°23'01" a 23°25'13" de latitude Sul e os meridianos 51°53'23" a 51°54'09" de longitude Oeste, porção Norte do Estado do Paraná, que corresponde ao Terceiro Planalto Paranaense (MAACK, 1968 apud SESCO et al., 2010), abrangendo uma superfície aproximada de 3,8 km<sup>2</sup> e 9,2 km de perímetro (Figura 1).

A sub-bacia que está ilustrada na Figura 2 possui uma área de 2,1 Km<sup>2</sup> e um perímetro de 5,5 Km. A delimitação dessa área foi feita de acordo com as cotas topográficas obtidas do cadastro digital fornecido pela Prefeitura Municipal de Maringá.

A área que influencia no ponto crítico e que se constitui na sub-bacia a ser estudada pode ser visualizada na Figura 3. A delimitação dessa área foi feita de acordo com as cotas topográficas e a rede de esgoto existente em projeto. Essa área representa 44,7% da área total da sub-bacia hidrográfica, com área de 1,0 Km<sup>2</sup> e 4,8 Km de perímetro.

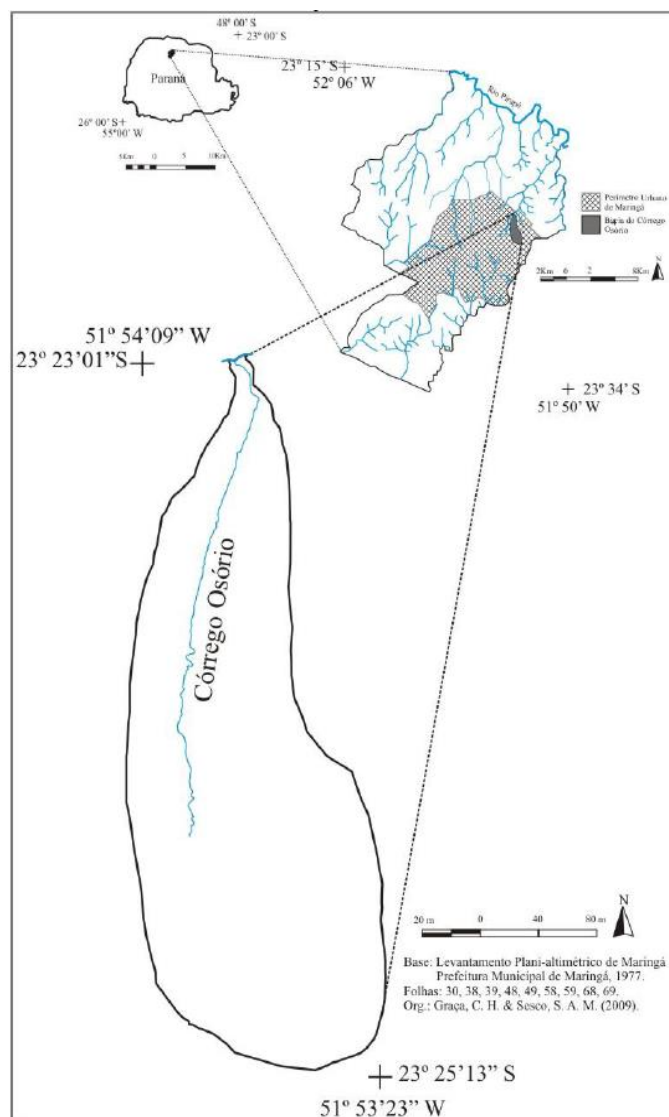


Figura 1 – Localização da bacia hidrográfica do córrego Osório em Maringá, PR.

Fonte: SESCO et al (2010).

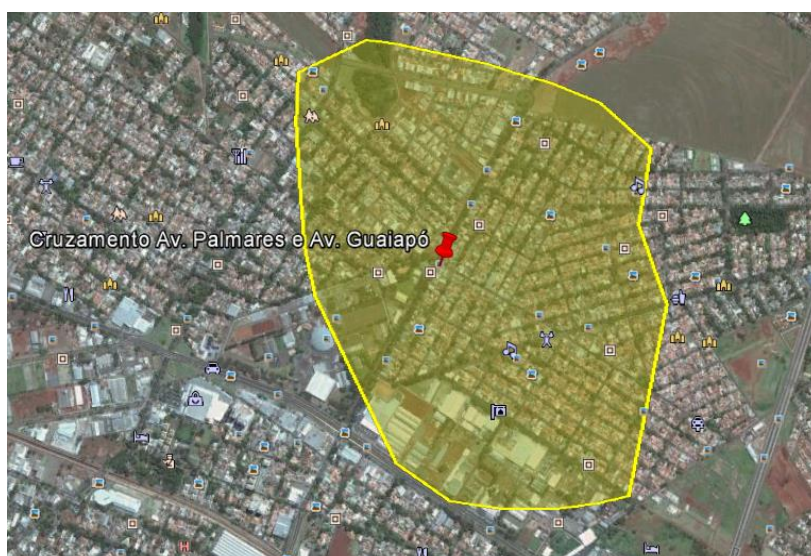


Figura 2 – Sub-bacia hidrográfica que contém a sub-bacia considerada como área de estudo, mostrada na Figura 3.

Fonte: Google Maps (2015), modificado pelo autor.

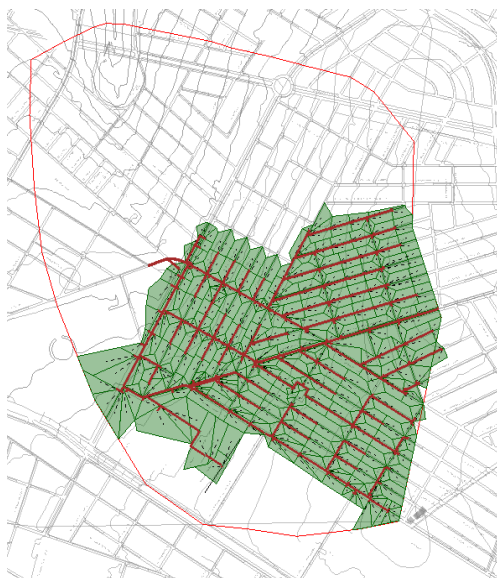


Figura 3 – Sub-bacia hidrográfica considerada como área de estudo (em verde), que compõe a sub-bacia delimitada pela linha vermelha.

Fonte: Autor (2015).

### 3 Metodologia

A demarcação da sub-bacia foi feita com base nos projetos já existentes da região e os limites se deram pelas tubulações que interferem no ponto de estudo e as curvas de nível. Os projetos foram fornecidos pela Prefeitura Municipal de Maringá.

Com os projetos em mãos e com a sub-bacia delimitada (Figura 3), foi feita a consistência do projeto de rede de drenagem urbana, com o auxílio de engenheiro civil da Prefeitura Municipal de Maringá.

Fez-se o uso do Google Earth para conferência das bocas de lobo e foram acrescentadas as bocas de lobo que não estavam no projeto bem como foram excluídas aquelas que estavam no projeto porém não tinham sido executadas.

Em seguida, foi realizado o *input* dos dados no programa computacional de análise e dimensionamento Bentley® SewerGEMS®. O programa computacional foi utilizado para analisar o cadastro digital da rede de drenagem urbana e também para simular cenários. Primeiramente, inseriu-se no programa a rede de drenagem e suas características (diâmetro, profundidade e o material); em seguida, foram inseridos os parâmetros de cálculo: equação de chuva intensa, coeficiente de escoamento superficial, tempo de concentração (foi adotado um tempo de concentração igual ao tempo de duração da chuva, pois trata-se de uma bacia hidrográfica pequena), limites máximo e mínimo de velocidade, cobertura e inclinação da tubulação, além da porcentagem  $y/D$  de cálculo de projeto. Os parâmetros de cálculo utilizados estão mostrados nas Figuras 4 e 5.

Já o valor do coeficiente de escoamento superficial (C) foi calculado por meio da equação de Schueler, apresentada por Tomaz (2013), como se observa na Equação 1.

$$C = 0,05 + 0,009 * A_i \quad (1)$$

Sendo C o coeficiente de escoamento superficial e  $A_i$  a área impermeável (%).

The screenshot shows the 'Gravity Pipe' software interface with two main sections: 'Default Constraints' and 'Extended Design'.

**Default Constraints:**

- Velocity Constraints Type:** Simple
- Velocity (Minimum):** 0,61 m/s
- Velocity (Maximum):** 4,57 m/s
- Measure Cover To:** Pipe Soffit
- Cover Constraints Type:** Simple
- Cover (Minimum):** 0,90 m
- Cover (Maximum):** 4,00 m
- Slope Constraints Type:** Simple
- Slope (Minimum):** 0,005 m/m
- Slope (Maximum):** 1,000 m/m

**Extended Design:**

- Part Full Design:** Number of Barrels, Section Size
- Is Part Full Design?**
- Percent Full Constraint Type:** Simple
- Percentage Full:** 95,0 %

Figura 4: Parâmetros de cálculo adotados em uma das telas do programa computacional.

Fonte: Autor (2015).

The screenshot shows the 'Storm Event Input' software interface with the following parameters:

**Equation:** 
$$i = \frac{a \cdot R_p^m}{(b + D)^n}$$

**Equation Duration Unit:** min

**Equation Intensity Unit:** mm/h

**Table Equation Parameters:**

- a:** 2,085,000
- b:** 10,000
- m:** 0,213
- n:** 1,090

Figura 5: Parâmetros da equação de chuva intensa adotada para a cidade de Maringá, PR.

Fonte: Plúvio (2015).

Foi feita a calibração e a validação do modelo. Após a validação, foram criados cenários a serem simulados, variando o tempo de retorno e a duração da chuva. O intuito de simular cenários alternativos é de analisar o comportamento da rede de drenagem para diferentes situações. Os cenários considerados são apresentados no Quadro 1. No cenário 1, utilizou-se tempo de retorno (TR) de 3 anos e tempo de duração da chuva (t) de 5 minutos e esses valores foram adotados baseados em informação da Prefeitura Municipal de Maringá, que usou esses valores para o cálculo da rede de drenagem quando ela foi instalada.

Cenário	Tempo de retorno (T <sub>r</sub> ) (anos)	Tempo de duração da chuva (t <sub>a</sub> ) (min)
1	3	5
2	3	10
3	5	5

Quadro 1: Cenários criados para as simulações na rede de drenagem da área de estudo.

Fonte: Autor (2015).

Para a transformação chuva-vazão foi adotado o Método Racional e utilizada a equação de chuvas intensas da cidade de Maringá, Paraná. Os coeficientes da equação foram retirados do programa Plúvio.

Foram adotados valores conforme a literatura sempre que se constatava a falta de algum dado. Por exemplo, em alguns trechos, faltou a profundidade da tubulação, sendo adotada 1,30m abaixo do nível do terreno. Foi admitido que a capacidade de coleta na boca de lobo era de 100% e 95% para a porcentagem  $y/D$ . Entretanto, caso uma nova rede de drenagem fosse dimensionada, o valor de  $y/D$  deveria ser 75%, ou seja, a lamina de água preencheria 75% dos diâmetros de projeto.

Para encontrar o coeficiente de escoamento superficial, fez-se a estimativa da porcentagem de área permeável utilizando o Google Earth.

Com os resultados obtidos da simulação dos diversos cenários, foram feitas as análises dos resultados por meio do traçado dos perfis do terreno, da linha d'água e da linha piezométrica, destacando os resultados de vazão e velocidade nos trechos que apresentaram resultados mais críticos.

#### 4 Resultados e Discussões

Com imagens de satélite da área de estudo, obtidas por meio do Google Earth, verificou-se que a área impermeável é de cerca de 93,4% da área da bacia hidrográfica. Assim, pela Equação 1, obteve-se o valor de 0,890 para o coeficiente de escoamento superficial.

No cenário 1 ( $T_r$  de 3 anos e  $t_a$  de 5 minutos), constatou-se que apenas as extremidades da rede a montante do ponto crítico não trabalham em capacidade máxima, o que significa que a maior parte das tubulações não suporta a demanda de vazão de projeto. Observa-se, na Figura 6, as linhas piezométrica e de energia no trecho de maior velocidade, de cerca de  $9,0 \text{ m s}^{-1}$ .

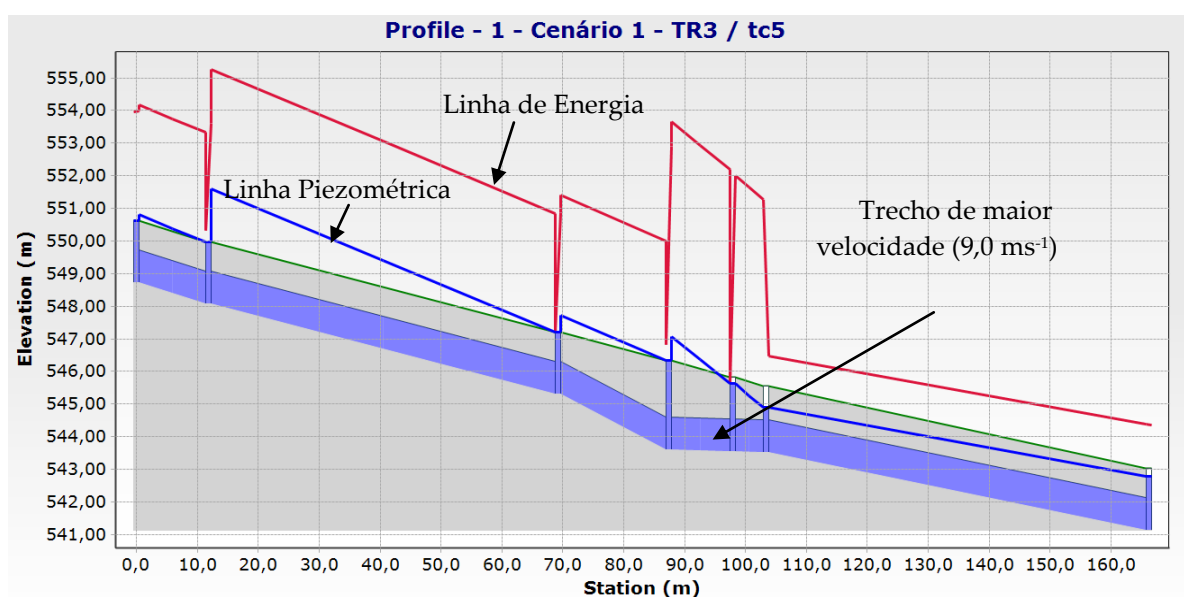


Figura 6: Trecho da rede que possui a maior velocidade para o cenário 1.

Fonte: Autor (2015).

No cenário 2, ( $T_r$  de 3 anos e  $t_a$  de 10 minutos), constatou-se que as vazões e as velocidades, de uma maneira geral, apresentaram-se reduzidas quando comparadas com o cenário 1 e que o trecho com maior velocidade continua sendo o mesmo trecho obtido no cenário 1, porém com velocidade maior, de  $11,9 \text{ m s}^{-1}$ , como pode-se notar na Figura 7.

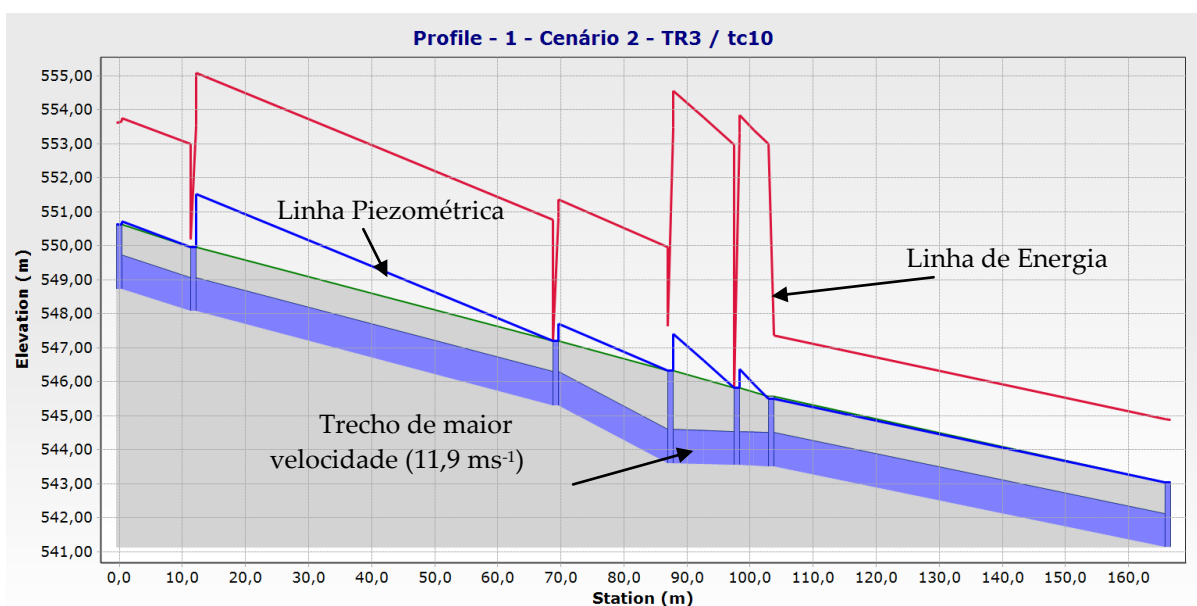


Figura 7: Trecho da rede que possui a maior velocidade para o cenário 2.

Fonte: Autor (2015).

Em relação ao cenário 3 ( $T_r$  de 5 anos e  $t_a$  de 5 minutos), constatou-se que muitos trechos trabalham em sua capacidade máxima e velocidades acima do permitido, com apenas as extremidades de montante com valores adequados de velocidade e vazão. O trecho com maior velocidade continua sendo o mesmo trecho obtido no cenário 1, porém com velocidade maior, de  $12,1 \text{ m s}^{-1}$ , aumento este esperado devido ao aumento no tempo de retorno. O perfil pode ser observado na Figura 8.

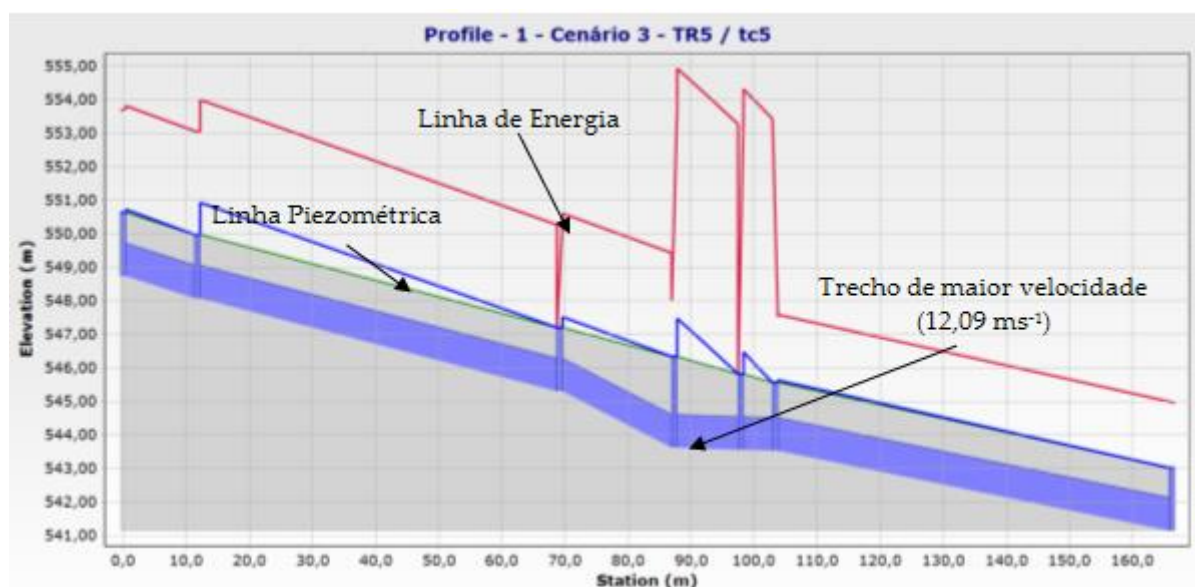


Figura 8: Trecho da rede que possui a maior velocidade para o cenário 3.

Fonte: Autor (2015).

## 5 Conclusão

Por meio das simulações realizadas, percebe-se que a rede de drenagem a montante do ponto de cruzamento das avenidas Guaiapó e Palmares não suporta a quantidade de água precipitada durante os eventos de chuvas intensas, mesmo quando a precipitação possui tempo de retorno e duração pequenos, uma vez que todas as simulações apresentaram transbordo de água para a superfície.

Uma das razões é a adoção de um coeficiente de escoamento superficial igual a 0,50 quando a rede de drenagem foi dimensionada, enquanto que atualmente esse coeficiente é de aproximadamente 0,90, o que indica que a região possui 90% da área impermeabilizada, ou seja, 40% a mais do que a hipótese de projeto.

Recomenda-se que sejam realizadas simulações da rede de drenagem após adoção de medidas de intervenção de baixo impacto, tais como adoção de medidas estruturais para facilitar a infiltração da água da chuva no solo, tais como valas de infiltração ou pavimentos drenantes.

## Referências

Berges B. Geomorfologia Urbana Histórica aplicada à análise das inundações na bacia hidrográfica do Córrego da Mooca – São Paulo/SP [dissertation]. São Paulo: Mestrado em Geografia Física/ USP, 2013. 199 p.

Costa AHA. Simulação dos impactos da Urbanização Sobre as Inundações Urbanas na Bacia Hidrológica do Rio Cuiá [dissertation]. Paraíba: Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental/UFPB, 2013. 91 p.

Plúvio 2.1. Chuvas Intensas para o Brasil [Internet]. 2015 [cited 2015 agosto 15]. Available from: <http://www.gprh.ufv.br/?area=softwares>.

Pontremolez NS. Estudo das inundações em cenários alternativos de uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do Córrego do Mineirinho em São Carlos, SP [dissertation]. São Carlos: Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento/EESC-USP, 2013. 132 p.

Sesco SAM, Graça CH, SILVEIRA H. Estudo da degradação e do impacto sócio-ambiental na bacia do córrego Osório, Maringá – Paraná. Rev. Eletr. Geografar do Programa de Pós-Graduação em Geografia/UFPR. [Internet]. 2010 [cited 2015 agosto 15]; 5(1): 176-205. Available from: <http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/geografar/article/view/17788>

Tomaz P. Novo método de cálculos de vazão. Livros Digitais. 2013 [cited 2015 ago 11]. Available from: <http://www.pliniotomaz.com.br/livros-digitais/>.

Tominaga ENS. Urbanização e cheias: medidas de controle na fonte [dissertation]. São Paulo: Mestrado em Engenharia Hidráulica e Ambiental/Poli-USP, 2013. 137 p.

Tucci CEM. Inundações urbanas. Porto Alegre: ABRH/RHAMA, 2007.