

## XIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

### **CLASSIFICAÇÃO DE RISCO EM ÁREAS SUJEITAS À INUNDAÇÃO NAS BACIAS URBANAS DOS IGARAPÉS GRANDE E SANTA BÁRBARA – PORTO VELHO - RO**

*Nilena Bezerra Mota de Souza*<sup>1</sup>, *Ana Cristina Strava Corrêa*<sup>2</sup>, *Henrique Bernini*<sup>3</sup>, *Tatiane Checchia*<sup>4</sup>

**Resumo** – A Bacia Hidrográfica do Igarapé Grande - Santa Bárbara está localizada na cidade de Porto Velho, Rondônia e inclui diversos bairros da capital, compondo grande parte de áreas do centro comercial. O estudo visou a macro-drenagem da parte sul da cidade e os efeitos da precipitação sobre a bacia. A bacia com área de 12 km<sup>2</sup> foi avaliada a partir de três pontos críticos, indicados pela própria prefeitura: Rua Três e Meio, Avenida Brasília e Avenida Tenreiro Aranha. Estes espaços geográficos concentram os locais mais vulneráveis às inundações que anualmente causam danos sociais e econômicos irreparáveis para a população residente nas áreas de influência dos igarapés. O estudo foi baseado na série histórica da PCD da Agência Nacional de Águas localizada nas proximidades da área de estudo. Foram estabelecidas as áreas de alto, médio e baixo risco de inundação dentro dos critérios do Manual editado pelo Ministério das Cidades. A precipitação de recorrência anual apresentou intensidade de 48 mm/h, sendo que uma precipitação de menos de 14 mm/h é suficiente para provocar inundação. Essa intensidade de chuva é superado em 10% dos eventos registrados a cada ano. O presente trabalho também propõe a reorientação urbanística da área de estudo com a ampliação de espaços verdes junto às áreas de várzea e conseqüente orientação para remoção de populações em áreas de risco.

**Abstract** – The watershed Igarapé Grande and Santa Barbara is located in Porto Velho, Rondonia state and passes through various districts of the capital, including most of the green areas that comprise the commercial center. This study aims to get technical orientation to the urban planning concerning raining data. The catchments area is 12 square kilometers large and was analyzed over three critical points over the river path: Três e Meio Street, Brasília Avenue e Tenreiro Aranha Avenue. These addresses have been studied primarily on demand of the City of Porto Velho, through the Municipal Department of Works – SEMOB and concentrated the majority of flooding events that had threatened the urban facilities. Moreover, it has been motivation of public spending on health and emergencies actions The study was based over the historic data from an automatic data collection station from the National Water Agency. It was also established areas of high, medium and lower risk levels adopted from the Cities Ministry of Brazil. For one year return time, it was obtained 48 mm/h for rain intensity, although a precipitation of less than 14 mm/h can cause inundation. On the other hand this represents a 10% of all rain intensity annually registered. This paper also presents maps for urban planning and creation of bigger green areas e consequently remove people from the higher risk level.

**Palavras-Chave** : zoneamento, bacias urbanas, inundação.

<sup>1</sup> Faculdade de Rondônia- FARO, Engenharia Civil, Av. Lauro Sodré, 2020, Jardim América , Porto Velho – RO. Fone: (69) 9965-8464 e-mail: nilenasouza@hotmail.com

<sup>2</sup> Sistema de Proteção da Amazônia - SIPAM , Av. Lauro Sodré, 6500, Aeroporto, (069) 32176200, [ana.strava@sipam.gov.br](mailto:ana.strava@sipam.gov.br)

<sup>3</sup> Sistema de proteção da Amazônia – SIPAM, Av. Lauro Sodré, 6500, Aeroporto, (069) 32176200, [henrique.bernini@sipam.gov.br](mailto:henrique.bernini@sipam.gov.br)

<sup>4</sup> Universidade Federal de Rondônia – UNIR, Campus BR-364, tati.checchia@gmail.com

## **1 – INTRODUÇÃO**

### **1.1 - Inundações urbanas**

Assim como várias outras comunidades, a cidade de Porto Velho nasceu e cresceu ao longo de um rio. Por tratar-se da região amazônica, o crescimento desorganizado da cidade invadiu vários Igarapés Urbanos. Tucci (2004) explana que a ocorrência da inundação urbana está diretamente relacionada com a criação das cidades. As inundações acontecem quando as águas das galerias pluviais, dos riachos e rios saem do leito de escoamento por causa da incapacidade de transportar de um destes sistemas e passa a ocupar as áreas em que a população utiliza para moradia, recreação, indústria, comércio, transporte, dentre outros. Até pouco tempo as inundações eram tidas como processos naturais, pois ao inundar as margens dos rios o homem não tem interferência sobre o processo, apenas sofre o efeito por ocupar um lugar de risco.

A inundação devido à drenagem natural ou à urbanização ocorre quando o volume de água que chega ao mesmo tempo no sistema de drenagem aumenta, acarretando em inundações com maior frequência do que as de quando a superfície era permeável e a água escoava pelo ravinamento natural. Este processo ocorre por causa da canalização que acelera o escoamento pelos condutos e canais e devido a expansão das áreas impermeáveis. Geralmente ocorre em pequenas bacias urbanizadas, com área de 1 a 100 km<sup>2</sup>. A bacia de estudo possui 12 km<sup>2</sup> e compreende a zona sul da cidade de Porto Velho.

### **1.2 - Regulamentação do uso**

A regulamentação do uso do solo das baixadas decorre do poder disciplinador do uso do solo pela administração pública. Portanto, o poder público deve promover a urbanização destas áreas por meio de leis de zoneamento e de uso do solo, incentivando sua aplicação com ações que incluem sanções ou incentivos sociais. (SCHUBART apud JUNIOR, 2000, p. 5).

Para definição das zonas de risco de inundações é importante o conhecimento do modelo digital do terreno, a topografia das margens dos rios e os níveis de inundação na cidade. De acordo com o Ministério das Cidades, existem 4 graus de probabilidade para riscos de inundação.

Podemos associar os graus de riscos altos e muito altos, às três faixas decrescentes de riscos:

(1) Zona de várzea: tem alto risco e muito alto risco de inundação, portanto deveria ser proibido qualquer tipo de construção nestas áreas.

(2) Zona com restrições: tem médio risco de inundações, seriam permitidas construções que levem em consideração a possível ocorrência de enchentes.

(3) Zona de baixo risco: possui baixa probabilidade de inundações, estando associadas a longos períodos de recorrências.

Tabela 1 - Graus de probabilidade para riscos de inundação

Grau de Probabilidade	Descrição
R1 Baixo	O setor apresenta condições potenciais para o desenvolvimento de processos de inundação (localização em baixadas ou próximo a cursos d'água, por exemplo), mas os eventos de inundação são pouco frequentes, não tendo sido verificada a ocorrência de eventos de magnitude significativa (ou seja, que implicou a remoção dos moradores) nos últimos 5 anos.
R2 Médio	O setor apresenta eventos frequentes de inundação, com registros ou relatos de moradores indicando a ocorrência de pelo menos 1 evento de magnitude significativa nos últimos 5 anos.
R3 Alto	O setor apresenta frequência elevada de ocorrência de inundações, com registros ou relatos de moradores indicando a ocorrência de pelo menos 2 eventos de magnitude significativa nos últimos 5 anos.
R4 Muito Alto	O setor apresenta frequência extremamente elevada de ocorrência de inundações, com registros ou relatos de moradores indicando a ocorrência de pelo menos 3 eventos de magnitude significativa nos últimos 5 anos.

Fonte: adaptado do Ministério das Cidades (2007)

## 2 - METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido em oito etapas, culminando com a produção de carta-imagem contendo as zonas de risco de inundação segundo os critérios acima. As etapas de atividades são descritas a seguir:

### 2.1 Levantamento da malha hídrica dentro da cidade de Porto Velho

Alguns igarapés urbanos tiveram seu traçado modificado no processo de urbanização da cidade. O reconhecimento do traçado atual foi realizado sobre os mapas fornecidos pela Prefeitura Municipal de Porto Velho, na escala 1:5000.

### 2.2 Validação de campo

Etapla necessária para verificação de pontos onde a drenagem urbana e terraplenagem possam ter alterado o caimento natural do terreno. Esses pontos foram percorridos e demarcados com GPS, marca Garmim. Essa etapa do trabalho foi realizada apenas na área de estudo escolhida, ou seja, na bacia do Igarapé Grande e Santa Bárbara. O novo traçado assim obtido foi utilizado para caracterização da bacia hidrográfica, por meio do software AutoCAD 2007 e Google Earth 2010, conforme apresentado na Figura 1.

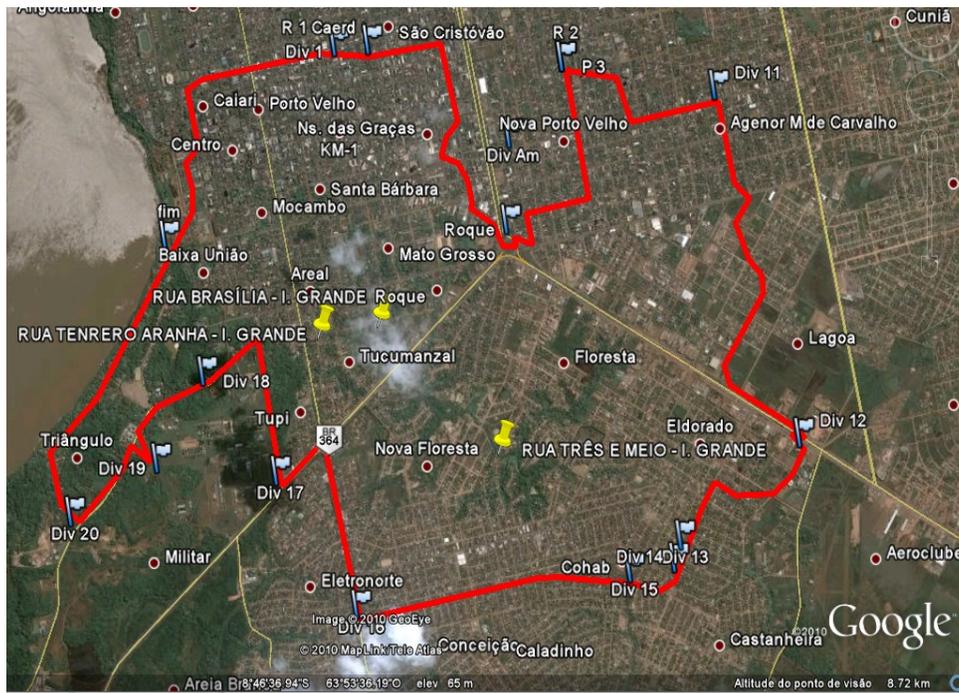


Figura 1: Mapa das bacias urbanas de Igarapé Grande e Santa Bárbara plotado sobre a base do Google Earth 2010 (compreendido entre latitudes 8°45'29,0" S e 8°48'18,2" S e entre longitudes 63°55'20,6" O e 63°51'32,0" O)

### 2.3 Caracterização da área de estudo

Nesta etapa a bacia objeto deste trabalho foi caracterizada segundo parâmetros físicos e hidrológicos, necessários para a determinação das áreas de risco.

2.3.1 *Estimativa da área da bacia* - estimada pela área do polígono gerado pelo software AutoCAD.

2.3.2 *Determinação da declividade média da bacia* - a declividade média da bacia influencia significativamente o valor do tempo de concentração e, diretamente, o escoamento gerado por uma chuva. (PINTO et al, 1976).

$$D_B = \frac{\Delta H}{L_B} \quad (1)$$

Onde a declividade média da bacia é igual à variação das cotas da bacia pelo comprimento do talvegue.

### 2.4. Cálculo da capacidade dos bueiros instalados nos pontos críticos

A capacidade de escoamento nos pontos críticos indicados pela Prefeitura de Porto Velho foram estimados pela fórmula de Chézy, utilizando os coeficientes de Bazin e de Manning.

$$v = C \sqrt{R_H I} \quad (2)$$

$$C = \frac{1}{n} \cdot R_H^{\frac{1}{6}} \quad (3)$$

### 3.5 Estimativa do tempo de permanência das intensidades de chuva que solicitam o bueiro a plena seção.

A série histórica da Plataforma de Coleta de Dados (PCD- 15 40 00 00) da Agencia Nacional de Águas, instalada em Porto Velho nas coordenadas geográficas 8:44:54 S; 63:55:1 W. A série histórica disponível é do período de 2005 a 2010. Considerando-se a permanência dos eventos anuais de chuva horária, gerou-se a Curva de Permanência de Intensidade das Chuvas, com apoio de planilha eletrônica, conforme mostra o gráfico da Figura 2:

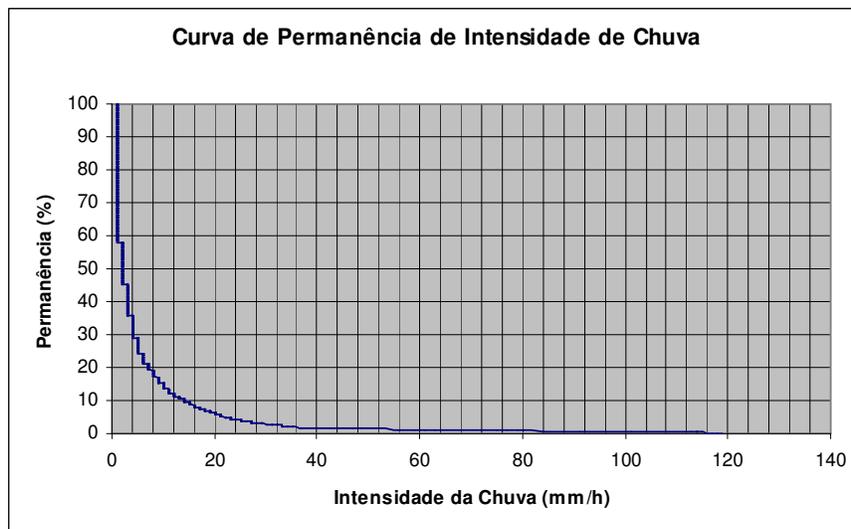


Figura 2: Permanência de intensidades das chuvas baseada na série histórica da PCD de Porto Velho.

A curva de permanência de intensidade de chuva permitiu a avaliação da recorrência dos eventos segundo a probabilidade dos mesmos considerando-se todos os eventos de chuva registrados na série histórica.

### 3.6 Estimativa das áreas de risco

Para classificação das zonas de risco segundo tempos de retorno sugeridos pelo Ministério das Cidades, aplicou-se o método de Gumbel para determinar as chuvas com retorno de 1, 5 e 10 anos. Já para calcular as vazões relativas a essas intensidades utilizou-se o método racional.

### 3.7 Estimativa da cotas de inundação

Foram determinadas a partir da vazão excedente à capacidade instaladas dos bueiros. Sabendo-se que em todos os pontos críticos a água deveria ultrapassar as cotas das ruas, utilizou-se o artifício de compará-las ao extravazamento de vertedores. Para tanto foi aplicada a formulação de vertedores de paredes espessas segundo Azevedo Netto (1998). Como essas ruas têm suas larguras molhadas variando com a altura de água, plotou-se a relação entre largura do vertedor e altura de água, conforme Figura 3.

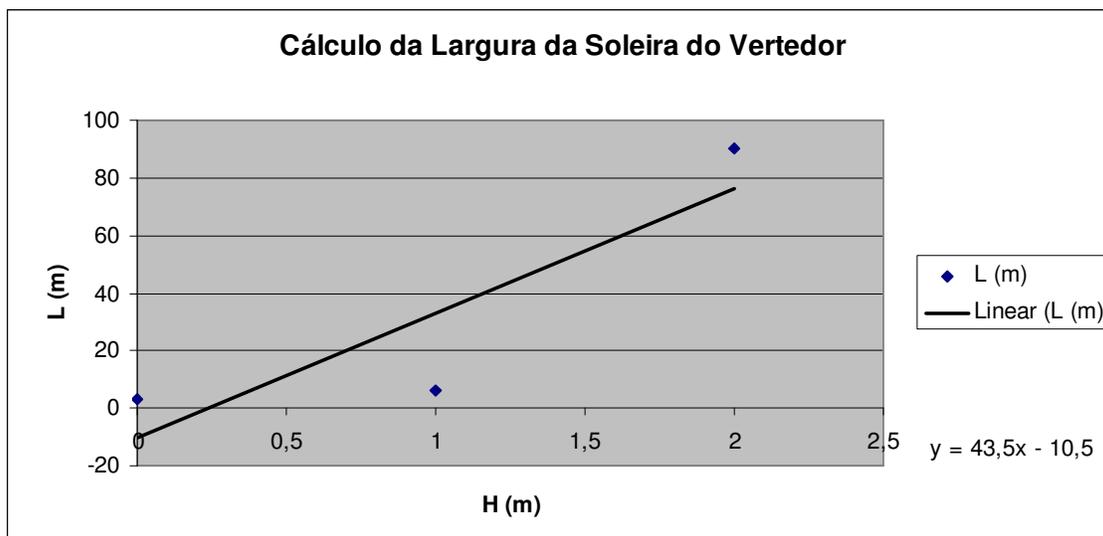


Figura 3: Relação entre largura do vertedor e a altura da lâmina de água

Após obter as vazões que excedem a capacidade do bueiro, relativas às chuvas de recorrência anual, a cada 5 anos e a cada 10 anos, podemos encontrar a relação da declividade no trecho e calcular a largura da soleira do vertedor, com a equação:

$$Q = 1,71 \cdot L \cdot H^{3/2}, \quad (4)$$

onde:  $L = 43,5 \cdot H - 10,5$

$$Q = 1,71 \cdot (43,5 \cdot H - 10,5) \cdot H^{3/2} \quad (5)$$

Para a determinação da largura da soleira do vertedor, obteve-se em campo a seção média do Igarapé Grande, conforme a Figura 4, que foi utilizada para generalização da declividade média das margens. A obtenção da conformação geométrica das margens foi realizada com a utilização de mangueira de nível e trena, tendo com referência a cota da rua registrada no levantamento topográfico disponibilizado pela Prefeitura de Porto Velho.

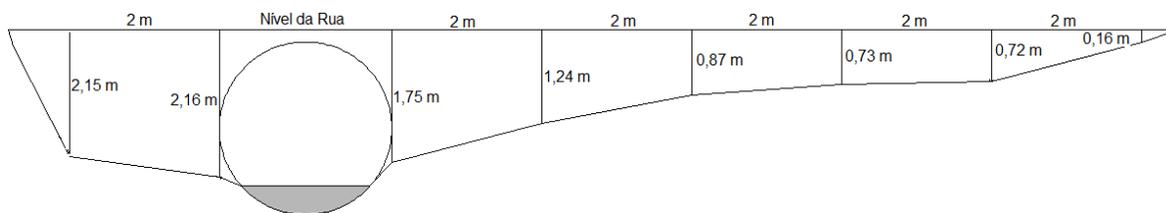


Figura 4: Seção média do Igarapé Grande, obtida em campo, na Rua Três e Meio  
Fonte: Acervo pessoal

### 3.8 Integração com as áreas de inundação do Rio Madeira

Junto às margens do rio Madeira, o estudo hidrológico das cotas de inundação realizado pelo Sistema de Proteção da Amazônia indica que todos os terrenos abaixo da cota 60 MNN estão

sujeitos à alagamentos. O tempo de retorno para esse nível de alagamento é de 17 anos e foi integrado ao mapa das áreas de risco do presente estudo, na parte baixa da bacia do Igarapé Grande.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Determinação das intensidades de chuvas máximas

Para calcular a probabilidade de a máxima vazão média aplicou-se o método de Gumbel, obtendo-se os seguintes resultados, apresentados na tabela 7.

$$P = 1 - e^{-e^{-b}} \quad (6)$$

onde:

$$y = \frac{1}{0,7797 \sigma} (Q - \bar{Q} + 0,45\sigma) \quad (7)$$

$\bar{Q}$  = média das  $N$  vazões máximas;

$P$  = probabilidade de a máxima vazão média diária de um ano qualquer ser maior ou igual a

$Q$ :

$\sigma$  = desvio-padrão das  $N$  vazões máximas.

Tabela 3 - Variáveis de Gumbel para a série histórica da estação 15 40 00 00

Ano	Máx. Intens. Anuais (mm/h)	Desvio Padrão ( $\sigma$ )	Y	Probabilidade (%)	Tempo Retorno (Ano)
2005	40	1.995,11	-1,2444	0,9689	1,0321
2006	60	608,44	-0,4288	0,7846	1,2745
2007	101	266,78	1,2432	0,2506	3,9908
2008	113	802,78	1,7326	0,1621	6,1701
2009	119	1.178,78	1,9773	0,1293	7,7347
2010	75	93,44	0,1829	0,5652	1,7693
Média	84,67	31,45			

A partir dos valores obtidos na tabela acima é possível plotar-se o gráfico representado na figura 5. A interpolação desses pontos foi feita por regressão linear obtendo-se assim a relação entre a intensidade de chuva e o tempo de retorno. O índice de correlação de 0,97 indica que a equação gerada pela curva em questão produzirá resultados coerentes. Dessa forma estimou-se as vazões com recorrências extrapoladas do gráfico de Gumbel.

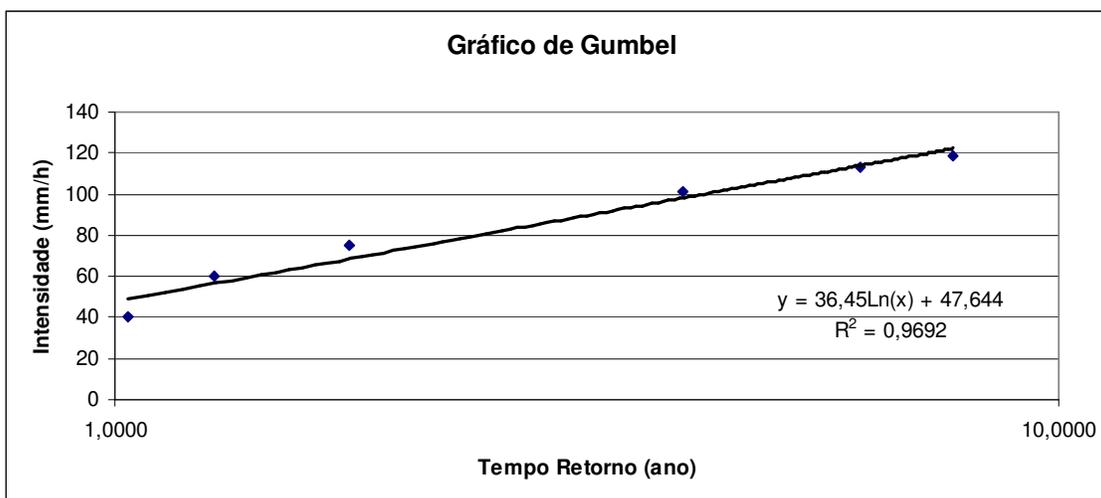


Figura 5: Relação entre intensidade de chuva (mm/h) e tempo de retorno (anos).

A tabela 4 resume os valores encontrados para os tempos de retorno estabelecidos em função dos riscos de inundação. Para tanto, observou-se as recomendações contidas no manual do Ministério das Cidades (2007).

Tabela 4 - Valores de intensidade de chuva e seus respectivos tempos de retorno

Tempo Retorno (ano)	Intensidade (mm/h)	Riscos
1	47,644	Alto Risco
5	106,3080119	Médio Risco
10	131,5732266	Baixo Risco

Os pontos críticos apontados pela Secretaria Municipal de Obras – SEMOB foram três: Rua Três e Meio, Avenida Brasília e Avenida Tenreiro Aranha.

#### 4.2 Primeiro ponto crítico – Rua Três e Meio

Sendo o ponto mais próximo às nascentes, trata-se de uma travessia sobre o Igarapé executada com manilha corrugada (Figura 6).



Figura 6 – vista de montante para jusante do bueiro no Igarapé Grande sob a travessia da rua Tres e Meio.

- Área bueiro = 4,15 m<sup>2</sup>
- Diâmetro = 2,30 m
- Área de contribuição da bacia = 4,44 km<sup>2</sup>
- Declividade = 0,008 m/m

Adotou-se o valor do coeficiente de rugosidade  $n = 0,011$  em todos os pontos críticos indicados pela Prefeitura Municipal de Porto Velho para a fórmula de Ganguillet e Kutter, utilizado na fórmula de Manning.

- Raio Hidráulico

$$R_H = \frac{Am}{Pm} : R_H = \frac{\frac{\pi d^2}{4}}{\pi d} : R_H = \frac{d}{4} \quad (8)$$

- Velocidade do líquido no canal = 5,62 m/s, segundo a equação (9).

$$V = C\sqrt{R_H I} : V = \frac{R_H^{1/6}}{n} \sqrt{R_H I} \quad (9)$$

- Vazão do Bueiro = 23,32 m<sup>3</sup>/s

As zonas de risco para as intensidades de chuva com retornos de 1, 5 e 10 anos encontram-se sumarizadas na tabela 5.

Tabela 5 - Cotas de inundação para o bueiro da Rua Três e Meio

Q total (m <sup>3</sup> /s)	Q* (m <sup>3</sup> /s)	H (m)	Cota NMM	Adotado	Zona	Tempo de Recorrência
47,36	23,61	0,74	68,74	69	Alto Risco	1 cheia/ano
104,59	81,36	1,14	69,14	70	Médio Risco	1 cheia em 5 anos
129,75	107,16	1,26	69,26	71	Baixo Risco	1 cheia a cada 10 anos

Q\*=vazão excedente à capacidade do bueiro; H=altura sobre o pavimento.

### 4.3 Segundo ponto crítico - Avenida Brasília

Seção intermediária considerando a extensão do Igarapé Grande, no entanto reúne 83% da área de drenagem da bacia.

- Área bueiro = 4,91m<sup>2</sup>
- Diâmetro = 2,50m
- Área de contribuição da bacia = 10,93km<sup>2</sup>
- Declividade do trecho = 0,01
- Velocidade do líquido no canal = 6,64m/s
- Vazão do Bueiro = 32,60m<sup>2</sup>/s

Tabela 6 - Cotas de inundação para o bueiro da Avenida Brasília

Q total (m <sup>3</sup> /s)	Q* (m <sup>3</sup> /s)	H (m)	Cota NMM	Adotado	Zona	Tempo de Recorrência
116,60	83,35	1,15	64,15	65	Alto Risco	1 cheia/ano

257,46	225,69	1,66	64,66	66	Médio Risco	1 cheia em 5 anos
319,40	288,31	1,82	64,82	67	Baixo Risco	1 cheia a cada 10 anos

Q\*=vazão excedente à capacidade do bueiro; H=altura sobre o pavimento.

#### 4.4 Terceiro ponto crítico – Avenida Tenreiro Aranha

Compreende a seção de estudo mais a jusante antes da confluência com o rio Madeira. O escoamento sob a Avenida é efetuado por um bueiro de 2,7m de diâmetro e uma manilha de concreto de 1,20 m, instalada posteriormente pela Prefeitura.

- Área bueiro = 5,73 m<sup>2</sup>
- Diâmetro = 2,70 m
- Área manilha = 1,13m<sup>2</sup>
- Diâmetro = 1,20m
- Área de contribuição da bacia = 11,13 km<sup>2</sup>
- Declividade = 0,009 m/m
- Velocidade do líquido no canal passando pela manilha = 3,04 m/s
- Vazão da manilha = 3,43 m<sup>3</sup>/s
- Velocidade do líquido no canal passando pelo bueiro = 6,64 m/s
- Vazão do Bueiro = 38,05 m<sup>3</sup>/s
- Capacidade total de vazão = bueiro + manilha = 41,48 m<sup>3</sup>/s

Tabela 7 - Cotas de inundação para o bueiro da Avenida Tenreiro Aranha

Q total (m <sup>3</sup> /s)	Q* (m <sup>3</sup> /s)	H (m)	Cota	Adotado	Nível de Risco	Tempo de Recorrência
118,72	77,46	1,12	61,12	61	Alto Risco	1 cheia/ano
262,17	222,07	1,65	61,65	62	Médio Risco	1 cheia em 5 anos
325,24	284,13	1,81	61,81	63	Baixo Risco	1 cheia a cada 10 anos

Q\*=vazão excedente à capacidade do bueiro; H=altura sobre o pavimento.

#### 4.5 Cálculo dos tempos de concentração:

Para efeito de mobilização da população em risco, estimou-se ainda o tempo de concentração das cheias, por meio da fórmula de Picking, considerando L a distância horizontal do álveo, em km, I a declividade média e o tempo de concentração em minutos, obtem-se os seguintes tempos de concentração apresentados na tabela 8.

Pela fórmula de Picking:

$$t_c = 5,3 \left( \frac{L^2}{I} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (10)$$

Tabela 8 – Tempos de concentração das cheias para cada seção de estudo.

Seção	Intensidade de chuva de extravazamento (mm/h)	Permanência no período chuvoso	Tempo de concentração (min)
Rua Três e Meio	24 mm/h	4%	35'
Av. Brasília	14 mm/h	10%	68'
Av. Tenreiro Aranha	17 mm/h	7%	75'

#### 4.6 Cotas de risco de inundação

O lançamento das cotas de inundação sobre o modelo digital do terreno (MDT) cedido pela Prefeitura de Porto Velho, resultou na delimitação das áreas apresentadas nas Figuras de 07 a10, sendo essas, respectivamente referentes aos pontos críticos acima descritos a saber: Rua Três e Meio, Av. Brasília, Av. Tenreiro Aranha e as áreas de inundação do Igarapé Sta. Bárbara.

As áreas com alto risco de inundação estão destacadas de vermelho, as de médio risco estão destacadas de amarelo e as de baixo risco estão a partir da linha verde.

Os três pontos críticos indicados pela SEMOB apresentam o represamento das águas pluviais, sendo necessária a intervenção com obras de engenharia, ou seja, redimensionamento dos respectivos bueiros.

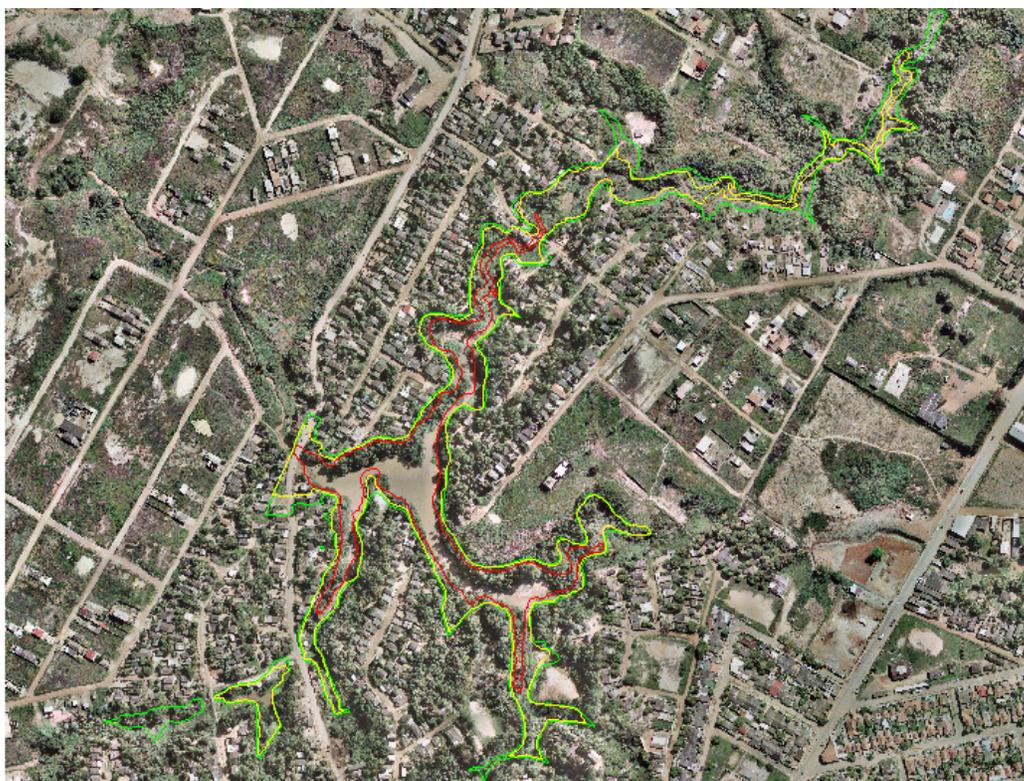


Figura 7: Cotas com risco de inundação na Rua Três e Meio (coordenadas geográficas da seção: 8°47'07,27"S; 63°53'01,7"O)

Fonte: Acervo próprio para linhas de inundação; imagem QuickBird 2010 – SIPAM.

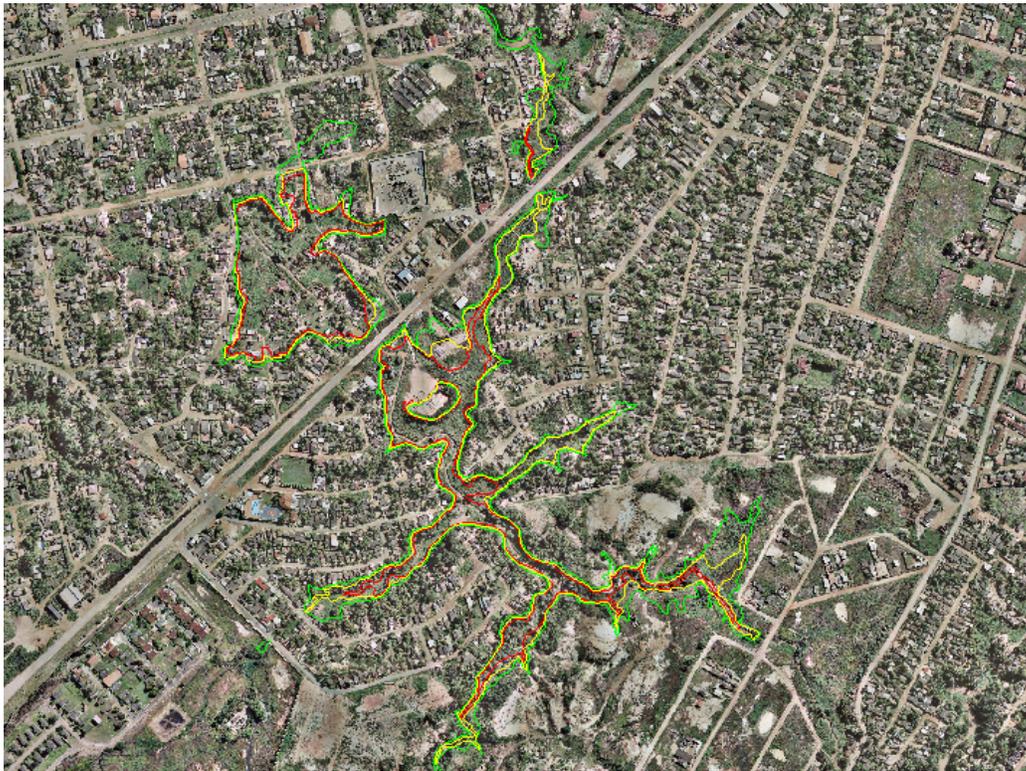


Figura 8: Cotas de risco de inundação, sob influência do bueiro da Avenida Brasília. (coordenadas geográficas da seção: 8°46'39,0"S; 63°53'34,9"O)

Fonte: Fonte: Acervo próprio para linhas de inundação; imagem QuickBird 2010 – SIPAM.

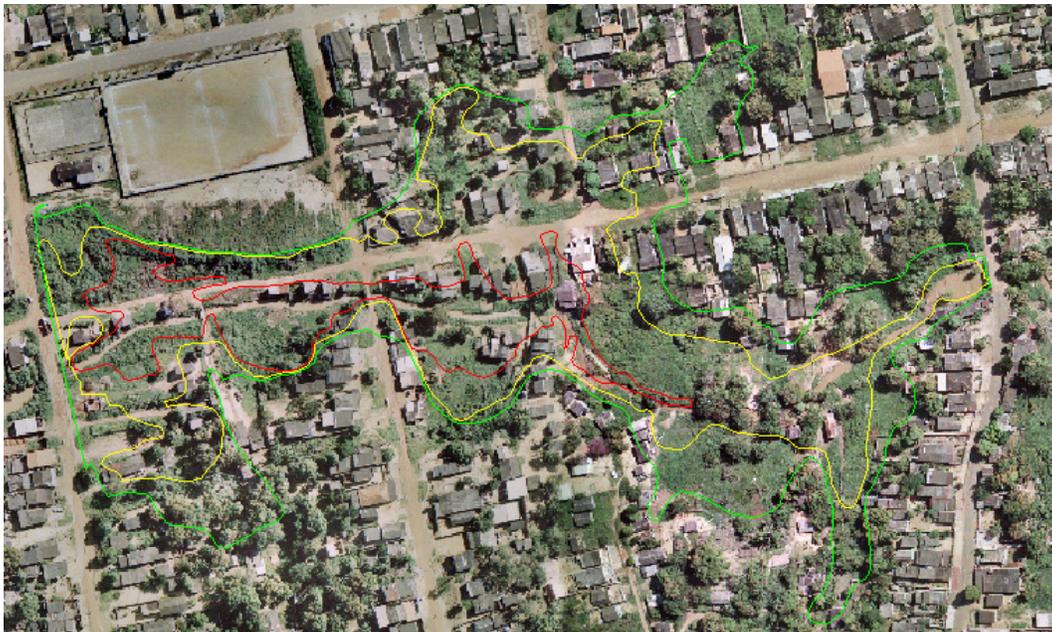


Figura 9: Área com risco de inundação sob influência do bueiro da Avenida Tenreiro Aranha. (coordenadas geográficas da seção: 8°46'38,9"S; 63°53'50,8"O)

Fonte: Fonte: Acervo próprio para linhas de inundação; imagem QuickBird 2010 – SIPAM.

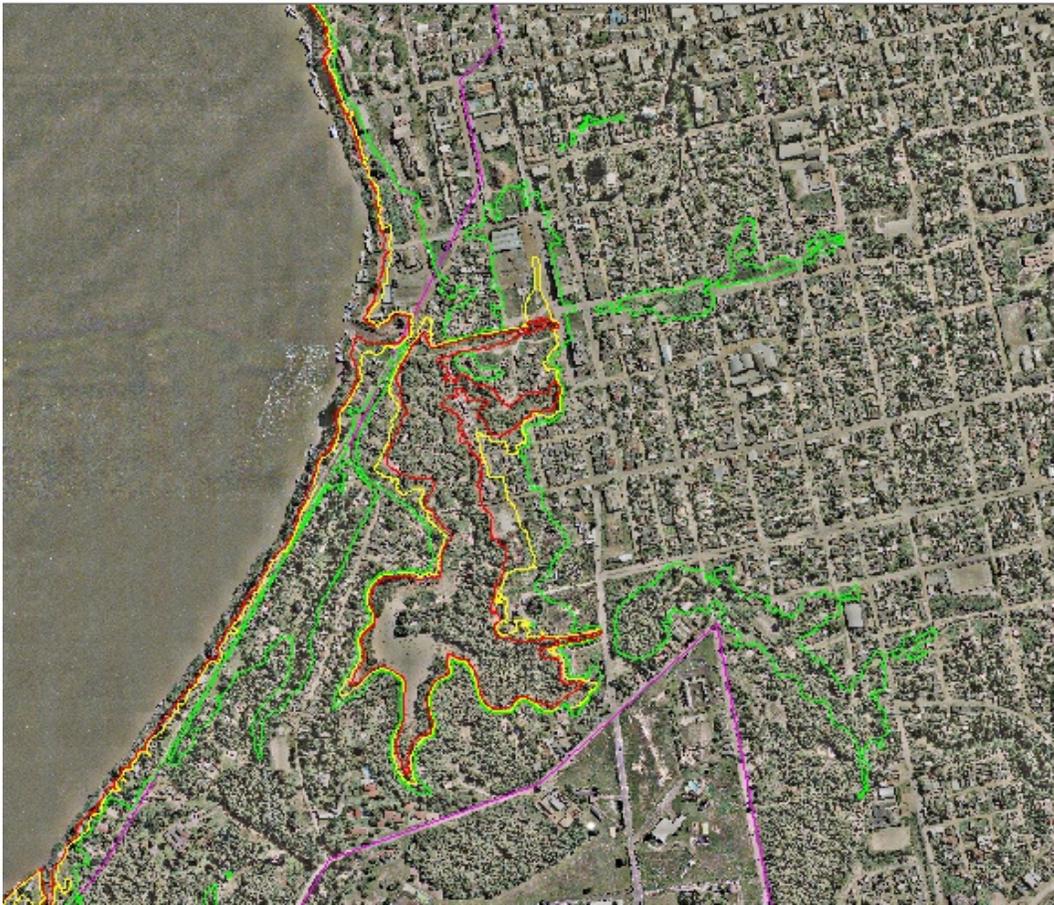


Figura 10: Cotas de inundação do igarapé Santa Bárbara e do Rio Madeira (coordenadas geográficas do exutório: 8°46'14,6"S; 63°54'34,8"O)

Fonte: Modificado sobre carta-imagem QuickBird 2010- SIPAM.

Por fim chama-se a atenção de que a capacidade do bueiro da Rua Três e Meio é 2 vezes inferior à vazão que ocorre na seção para a chuva com recorrência anual de 48 mm/h. Já o bueiro da Avenida Brasília está subdimensionado na ordem de 3 vezes da sua capacidade de escoamento se comparado com a vazão proporcionada por essa mesma intensidade de chuva anual. E o bueiro da Avenida Tenreiro Aranha mostrou-se 2 vezes menor que a vazão máxima com recorrência anual.

## 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos valores de cotas encontrados, foi possível a elaboração das cartas-imagens, onde pode-se observar que as áreas com risco de inundação anual não são densamente ocupadas, porém, as de médio e baixo risco representam um desafio para a Prefeitura de Porto Velho no que tange   urbaniza o das mesmas, pois já se encontram plenamente ocupadas. O maior tempo de recorrência das chuvas que provocam a inunda o dessas áreas, acima de 5 anos, favorece a invasão das popula es carentes nos intervalos de estiagem prolongada. Aliado a isso, a Prefeitura carece de estrutura no setor de fiscaliza o e ordenamento territorial.

Dessa forma, o presente estudo confere à Prefeitura uma ferramenta técnica para atuação de forma preventiva, em locais ainda preservados, e corretiva no sentido de conhecer para retirar ou conscientizar moradores em áreas de risco.

O trabalho de prevenção ganha importância à medida que as ocupações desordenadas aportam sobrecarga ao sistema de drenagem que deve se agravar com o desmatamento das matas ciliares, avanço das construções irregulares e o assoreamento dos igarapés. Nesse contexto, o presente estudo contribui com subsídios técnicos para a demarcação de áreas verdes e criação de parques lineares ao longo dos Igarapés Grande e Sta. Bárbara. A largura de APP sugerida para esses igarapés urbanos variou de 35 a 70 m para cada lado, contados a partir da linha média dos veios de água.

Quanto à metodologia utilizada, destaca-se a adequação de modelos hidráulicos para bueiros acoplados ao vertedouro de paredes espessas para simulação do cavalgamento das ruas, uma vez que o mesmo mostrou-se condizente com os relatos dos moradores e condições de campo. O monitoramento das chuvas e suas respectivas respostas nos pontos críticos está sendo efetivado com a instalação de pluviógrafos em escolas estrategicamente selecionadas em função de sua localização nas bacias urbanas.

## **AGRADECIMENTOS**

A pesquisa contou com a colaboração de mapas cedidas pela Prefeitura Municipal de Porto Velho e estrutura, imagens e softwares disponibilizados pelo Sistema de Proteção da Amazônia. Registra-se ainda, a colaboração do Geólogo Luiz Gilberto Dall'Ígna, da CPRM, residência de Porto Velho na edição e georreferenciamento das imagens sobre os vetores cedidos pela Prefeitura.

## **BIBLIOGRAFIA**

- AZEVEDO NETTO, José Martiniano de, et al (1998). **Manual de Hidráulica**. São Paulo, Edgard Blusher, 1998.
- BRASIL. MINISTERIO DAS CIDADES, (2007) / Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios** / Celso Santos Carvalho, Eduardo Soares de Macedo e Agostinho Tadashi Ogura, organizadores – Brasília: 2007 . Disponível em: <[http://www.cidades.gov.br/secretarias-acionais/programasurbanos/biblioteca/prevencao-de-riscos/publicacoes-institucionais/livro-mapeamento-de-riscos-em-encostas-de-margens-erios/LIVRO\\_Mapeamento%20de%20riscos.pdf/view](http://www.cidades.gov.br/secretarias-acionais/programasurbanos/biblioteca/prevencao-de-riscos/publicacoes-institucionais/livro-mapeamento-de-riscos-em-encostas-de-margens-erios/LIVRO_Mapeamento%20de%20riscos.pdf/view)>. Acesso em: 24 out.10
- JUNIOR, Hildeberto, (2000). **Manutenção da Rede de Drenagem**. Disponível em: <<http://www.dec.ufs.br/downloads122505010063.pdf>>. Acesso em: 02 set. 2009.
- TUCCI, Carlos E. M, (2004). Gerenciamento integrado das inundações urbanas no Brasil. Revista de Gestão de Água da América Latina. Porto Alegre, jan/jun 2004. Disponível em: <[http://www.abrh.org.br/reg-1.pdf](http://www.abrh.org.br/rega/reg-1.pdf)>. Acesso em: 23 set. 10