



EIXO TEMÁTICO:

- Desastres, Riscos Ambientais e a Resiliência Urbana
- Drenagem Urbana Sustentável
- Engenharia de Tráfego, Acessibilidade e Mobilidade Urbana
- Habitação e a Gestão Territórios Informais
- Infraestrutura, Espaços Públicos e Ambiência Urbana
- Intervenções e Requalificações da Cidade Contemporânea
- Patrimônio Histórico: Temporalidade e Intervenções
- Políticas Públicas, Justiça Social e o Direito a Cidade
- Saneamento Ambiental
- Tecnologia e Sustentabilidade na Construção Civil

Análise de área de risco devido à erosão hídrica em trecho do córrego Afonso XIII em Tupã / SP – Causas e solução

Risk area analysis due to water erosion in a stretch of Alfonso XIII stream in Tupã / SP - Causes and Solution

Análisis del área de riesgo debido a la erosión del agua en tramo del arroyo Alfonso XIII Tupa / SP - Causas y soluciones

Rafael Graciano Paschoal

Graduando em Arquitetura e Urbanismo, Faccat, Brasil
rafaelgraciano@yahoo.com.br

José Roberto Rasi

Especialista em Saneamento Ambiental, UGF e Mestre em Estruturas e Construção Civil, UFSCAR, Brasil
Jroberto.rasi@gmail.com

José Anthero Catanio Pelloso

Engenheiro Civil, Universidade de Marília, Brasil
Jose.anthero@granol.com.br



RESUMO

Em muitas cidades brasileiras vem ocorrendo graves problemas relacionados à erosão hídrica que se inicia dentro do perímetro urbano, através de perda de solos, degradação de áreas urbanas ou em urbanização. No estado de São Paulo, a maior parte das cidades que estão instaladas em terrenos constituídos por solos de textura arenosa e relativamente profundos, apresenta erosão em suas áreas urbanas e de expansão urbana.

O presente trabalho pretende evidenciar os efeitos da erosão hídrica, a influência das características geomorfológicas, pedológicas e pluviométricas de um trecho do córrego Afonso XIII, que se inicia dentro do perímetro urbano, no município de Tupã, localizado na região oeste do estado de São Paulo. O trecho analisado recebe grande parte da carga pluviométrica da porção sul e oeste da cidade e apresentam erosão hídrica nas margens do córrego

PALAVRAS-CHAVE: Erosão hídrica, erosão urbana, degradação dos solos.

ABSTRAT

In many Brazilian cities has been occurring serious problems related to water erosion that beginning in the city limits, the slant of loss of soil degradation in urban areas or urbanization. In São Paulo, most of the cities that are installed on land composed of sandy textured soils and relatively deep, shows erosion in its urban and urban expansion areas. This paper aims to highlight the effects of water erosion, the influence of geomorphological characteristics, soil and rainfall a stream excerpt Afonso XIII, which begins within the city, the city of Tupã, located in the western region of São Paulo. The analyzed section receives much of the rainfall load and southern portion west of the city and feature water erosion on stream banks.

KEYWORDS: Water erosion, urban erosion, soil degradation.

RESUMEN

En muchas ciudades de Brasil ha estado ocurriendo graves problemas relacionados con la erosión del agua que se inicia dentro del perímetro urbano, al través de la pérdida de suelo, la degradación de las zonas urbanas o urbanización. En Sao Paulo, la mayor parte de las ciudades que están instalados en tierra que consiste en suelos de textura de arena y relativamente profundo, muestra las erosiones en áreas urbana y zona de expansión urbanas.

Este documento tiene por objeto poner de relieve los efectos de la erosión del agua, la influencia de las características geomorfológicas, el suelo y la precipitación de un tramo corriente de Alfonso XIII, que comienza dentro del perímetro urbano en la ciudad de Tupã, ubicada en la región occidental de Sao Paulo. La sección analizada recibe gran parte de la carga de las precipitaciones y la parte sur oeste de la ciudad y tienen la erosión del agua en las orillas de los ríos.

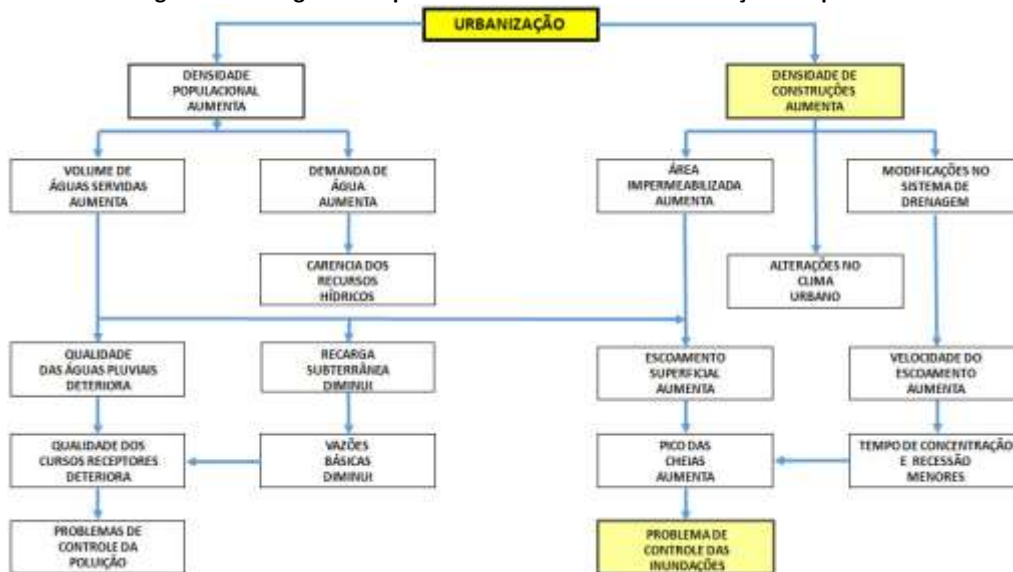
PALABRAS CLAVE: Erosión hídrica, erosion urbana, degradación del suelo.

1. INTRODUÇÃO

A urbanização traz consigo uma gama de desafios ambientais, tanto para o meio ambiente local, regional e mais amplo, como resultado direto das mudanças bioquímicas e físicas aos sistemas hidrológicos. A perda em superfícies permeáveis reduz a infiltração no solo, enquanto que a introdução de drenagem artificial substitui vias naturais de escoamento. Esta combinação geralmente produz considerável efeito sobre a resposta hidrológica de uma área em relação às chuvas, tais como: resposta mais rápida, maior magnitude do fluxo do canal de escoamento, maior recorrência de pequenas cheias e reduzida recarga das águas subterrâneas. (MILLER et al, 2014).

Desta forma, uma determinada bacia hidrográfica passa a ter um aumento expressivo do volume escoado e das vazões de pico e também pela redução do tempo de concentração, provocando inundações e tendo como principal consequência o desenvolvimento da erosão hídrica como ravinas, voçorocas e erosão marginal (MONTES; LEITE, 2009). Na Figura 1 é possível identificar, de forma esquematizada, os efeitos para o meio ambiente decorrentes da urbanização, e que consequências podem ser sofridas quando não há a preocupação com a manutenção da sustentabilidade do ciclo hidrológico.

Figura 1 – Fluxograma de processos decorrentes da urbanização e impactos.



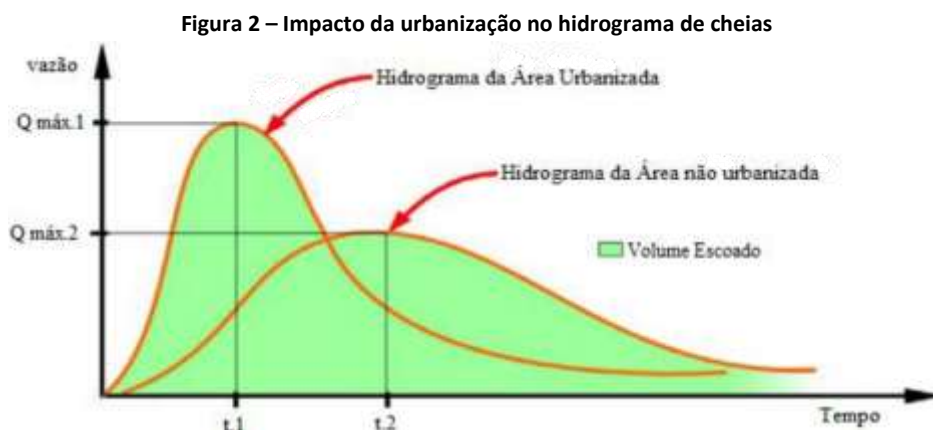
Fonte: adaptado de BENINI, 2006.

Andreoli e Carneiro (2005) afirmam que:

Na medida em que os padrões de uso e ocupação do solo promovem a impermeabilização da área de drenagem pluvial, a parcela da água que antes infiltrava no solo passa a escoar superficialmente atingindo os condutos de drenagem, aumentando o escoamento superficial e

reduzindo o tempo de concentração da bacia hidrográfica. O volume que escoava lentamente pela superfície do solo e ficava retido pela vegetação, passa a escoar no canal, exigindo maior capacidade das seções transversais dos cursos d'água.

Um hidrograma hipotético típico de uma bacia natural e aquele resultante da urbanização são apresentados na Figura 2.



Fonte: Andrade. 2006.

Nas últimas décadas, numerosos eventos de chuvas devastadores e sem proporções têm ocorrido em diversas regiões do planeta, tornando os sistemas existentes de drenagem urbana de controle de inundação insuficientes para as novas vazões requeridas, paralisando muitas cidades e resultando em enormes perdas econômicas, danos e mortes (ZHU et al, 2016).

A erosão acelerada do solo pode mesmo tornar-se mais grave em uma área urbana de alto crescimento populacional e intensidade elevada pluviosidade. O fenômeno assumiu dimensões destrutivas em muitas partes do mundo, especialmente no ambiente urbano.

(ADEDIJI; JEJE; IBITOYE, 2013).

Fundamentalmente, Marques (2013) afirma que:

O processo de erosão hídrica é condicionado por fatores como: chuva (quantidade, intensidade, duração, tamanho da gota e altura de queda), natureza do solo, cobertura vegetal e topografia do terreno (declividade da superfície) e as variações nas taxas de perda de solo. Os desmoronamentos ou escorregamentos das margens de rios e canais é causado pela erosão fluvial. A erosão marginal, como um componente da erosão fluvial, é uma variável da dinâmica dos cursos d'água, definido como o recuo linear das margens, devido à remoção dos materiais do barranco (talude) pela ação fluvial (correntes, ondas) ou por forças de origem externa (precipitação).

Nesse sentido Almeida (2014) afirma que:

Em ambiente úmido, de média à alta taxa de precipitação pluviométrica, os processos erosivos são mais intensos devido à potencialização da energia cinética do fluxo da água.

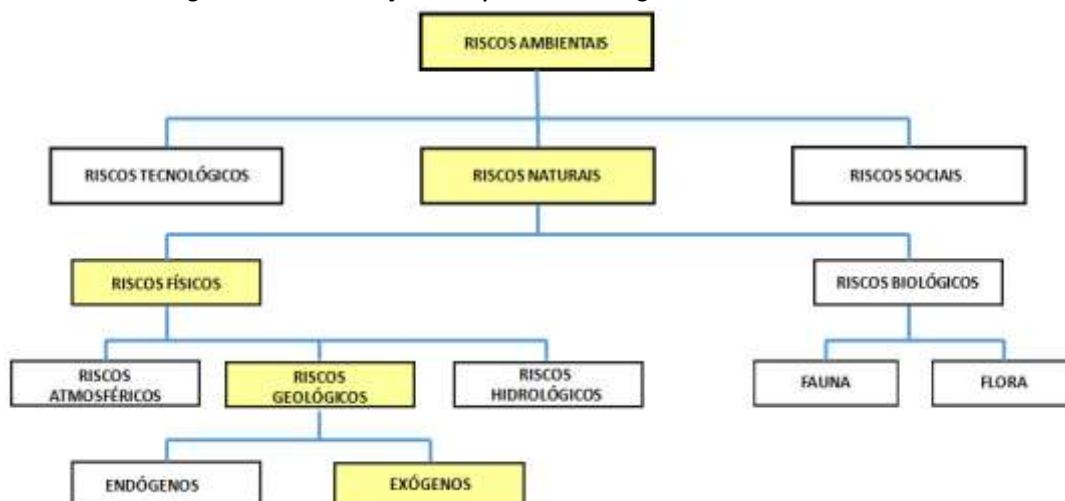
A erosão marginal é aquela que destrói as margens de um rio, desempenhando importante papel no aumento da largura do canal, contribuindo para o incremento da carga no fundo, desvalorizando terrenos ribeirinhos e limitando seu uso adequado (BANDEIRA, 2005).

Os riscos de erosão no âmbito de muitas cidades brasileiras têm causado sérios problemas para a população, principalmente para quem habita nas áreas declivosas. No início, o processo tende a ser controlado por medidas que apenas adiam a gravidade do problema, tendo em vista que a erosão uma vez desencadeada, ao encontrar a condição que lhe favoreça, tende a aumentar consideravelmente (RAMALHO, 2010).

Lemos (2010) afirma que:

Dentre os diversos riscos a que a sociedade está exposta a riscos recorrentes distinguidos entre os naturais, tecnológicos e sociais, o risco ambiental (Figura 3) está relacionado aos fenômenos climáticos e a sua forma de ser enfrentado se refere a ações de projeto e planejamento urbano sobre a redução da vulnerabilidade dos sistemas aos impactos desses riscos.

Figura 3 – Sistematização dos tipos de riscos segundo o Processo Causador

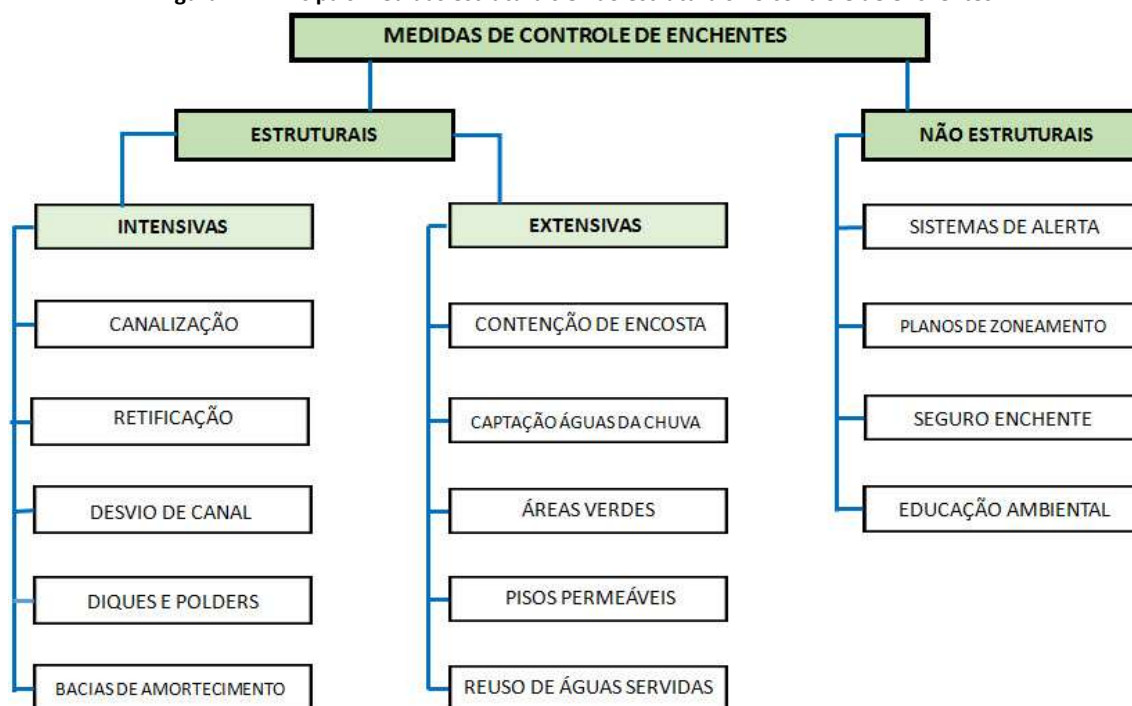


Fonte: Cerri, 1993, adaptado pelos autores.

As medidas de correção e/ou prevenção que visam a minimizar os danos das inundações são classificadas, de acordo com a sua natureza, em medidas estruturais e medidas não estruturais

(CANHOLI, 2005). As medidas estruturais são aquelas que modificam o sistema fluvial evitando os prejuízos decorrentes das enchentes, enquanto que as medidas não estruturais são aquelas em que os prejuízos são reduzidos pela melhor convivência da população com as enchentes (BRUBAHER, 2016) e as medidas não estruturais caracterizam-se geralmente por ações que abrangem a bacia como um todo, e são destinadas à redução dos efeitos das inundações ou à adaptação dos habitantes das áreas atingidas para uma melhor convivência com a ocorrência periódica desses fenômenos. Essas medidas têm caráter predominantemente preventivo e dispensam a alocação de grandes quantias de recursos financeiros para a execução das ações estruturais (OLIVEIRA, 2011). Na Figura 4 são apresentadas as diversas medidas de controle de enchentes.

Figura 4 – Principais medidas estruturais e não estruturais no controle de enchentes



Fonte: Botelho, 2011, adaptado pelos autores.

2. OBJETIVOS

O principal objetivo deste trabalho é avaliar os impactos ocasionados pela erosão fluvial no trecho entre a Rua Manoel Ferreira Damião e Rua Francisco Turra, do braço esquerdo do Córrego Afonso XIII, no município de Tupã / SP e analisar a recente medida estrutural utilizada para a mitigação desse problema.

3. METODOLOGIA Para preencher os objetivos deste trabalho, foram realizados os seguintes procedimentos metodológicos.

- a) Primeiramente, é feita uma revisão bibliográfica sobre os efeitos da urbanização sobre uma bacia hidrográfica e seus impactos, riscos ambientais, erosão hídrica, erosão marginal e medidas de controle de enchentes;
- b) Posteriormente, foram feitos dois levantamentos de campo, com visitas no local, no intuito de fazer análise da situação antes das medidas de controle de enchentes e depois das medidas estruturais de controle de enchentes, utilizando equipamentos fotograficos, aparelho GPS de campo, para identificação e análises dos efeitos da erosão hídrica nas margens do canal de escoamento e as intervenções das medidas estruturais adotadas para sanar o problema. Foram verificados os registros de obra e projetos de macrodrenagem do local, no Departamento de Obras da Prefeitura da Estância Turística de Tupã;
- c) Finalmente, foi apresentado um estudo de caso, abrangendo os problemas existentes no trecho em estudo e as soluções estruturais adotados para mitigar os problemas de erosão marginal e assoreamento.

As características da área de estudos são detalhadas a seguir.

Localizada a oeste do Estado de São Paulo, a Estância Turística Tupã faz divisa com os Municípios de Arco-Íris, Herculândia, Quintana, Quatá, Bastos, João Ramalho e Iacri. Está “localizado na latitude 21º 56’ 05” Sul “e longitude 50º 30’ 49” Oeste, no espigão formado por afluentes do Rio do Peixe e do Aguapeí (Rio Feio), pertencente as Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos - UGRHs 20 e 21 (Figura 5).

Figura 5 – Localização do município de Tupã / SP



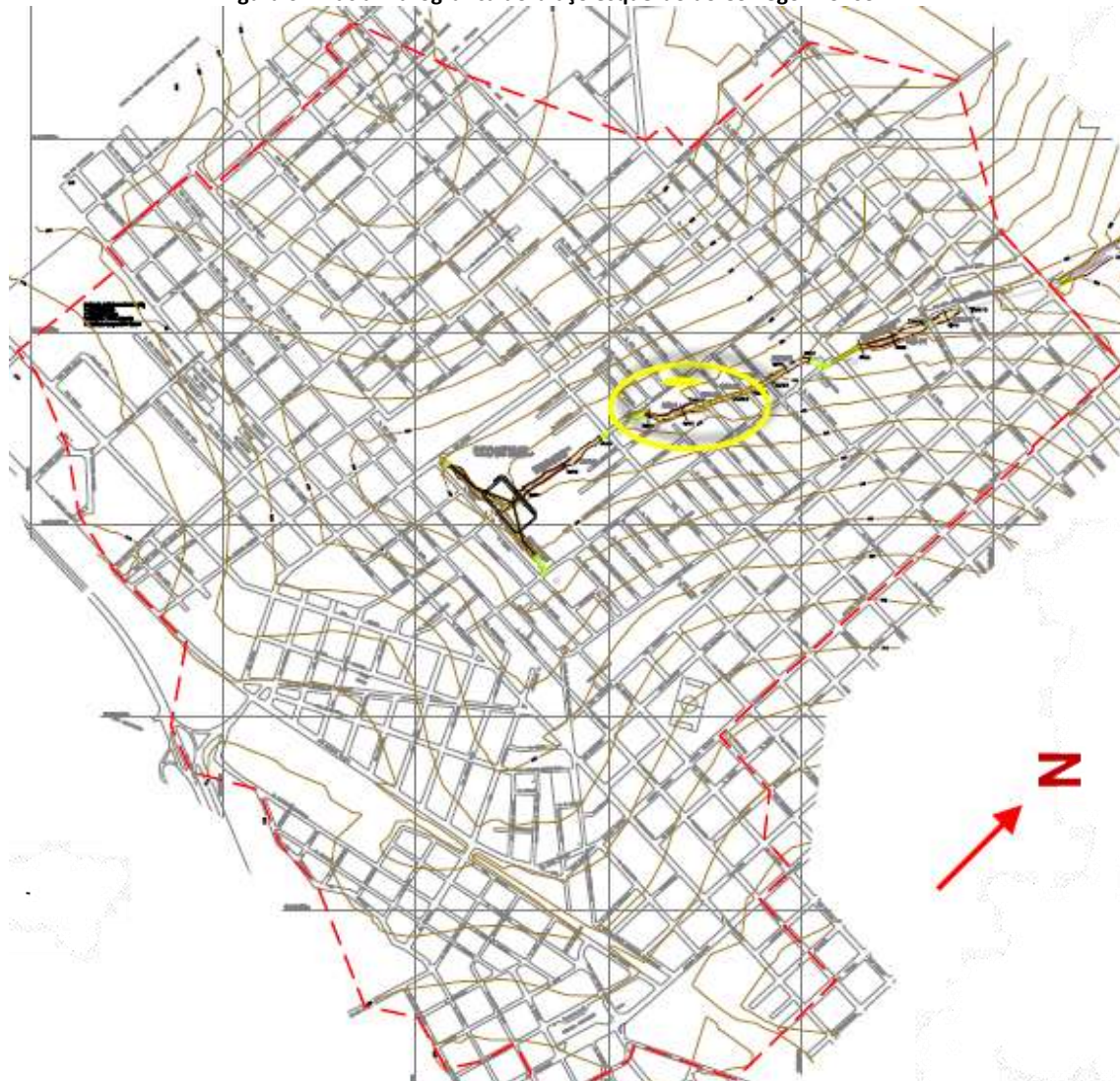
Fonte: Benini (2015)

A extensão territorial do Município de Tupã perfaz uma área de 627,986 km² (IBGE, 2015), que abrange os Distritos de Varpa, Distrito de Universo, Distrito de Parnaso e a cidade de Tupã. Como

a maioria das cidades do Estado de São Paulo, o traçado urbano original foi orientado por uma morfologia, a qual pode ser identificada por quadrícula ou modelo nominado por tabuleiro de xadrez, conformando seu arranjo espacial (BENINI, 2015).

O ribeirão Afonso XIII, cujas nascentes estão situadas na região central do município de Tupã, é formado pelos braços esquerdo e direito. Apresenta extensão total de aproximadamente 17,5 km. O braço esquerdo (Figura 6) e o direito nascem em região densamente urbanizada e seguem no sentido Norte do município até a confluência próximo à Rua Timborés, a partir daí o ribeirão Afonso XIII segue por região menos urbanizada, em direção ao norte até descarregar na margem esquerda do rio Jacri.

Figura 6 – Bacia hidrográfica do braço esquerdo do Córrego Afonso XIII



Fonte: Prefeitura da Estância Turística de Tupã (2016).

Figura 7 – Detalhe da área de estudo, entre as Ruas Manoel Ferreira Damiano e Francisco Turra



Fonte: Prefeitura da estância Turística de Tupã (2016).

4. RESULTADOS

A visita inicial no trecho de estudo no braço esquerdo do córrego Afonso XIII foi realizado no dia 07 de julho de 2015, no período entre as 9:00h e 11:00h, iniciando na ponte da Rua Manoel Ferreira Damião em direção à Rua Seraphina Etelina Pagliso (Figura 8), onde localizam-se os principais efeitos da erosão hídrica das paredes do canal existente e assoreamento, seguindo posteriormente até a Rua Francisco Terra.

Figura 8 – Detalhe da área de estudo



Fonte: Google Earth (2015) – adaptado pelos autores.

Os principais aspectos levantados *in loco* são citados nos itens 4.1 a 4.2.

4.1 Assoreamento

Foram localizados algumas áreas de assoreamento ao longo do trecho percorrido. A principal área de assoreamento situa-se, aproximadamente a 35 m da Rua Manoel Ferreira Damião (Figura 9), composto predominantemente por entulhos provenientes de construção civil, demolições e desagregação de pavimentos urbanos.

Figura 9 – Assoreamento no córrego Afonso XIII – braço esquerdo



Fonte: Os próprios autores (2015)

4.2 Errosão

Pode-se constatar erosão nas margens do córrego. A Figura 10a mostra o avanço da erosão na margem esquerda, atingindo as fundações de uma residência situada a Rua Manoel Ferreira Damião nº 787. A figura 10b mostra a erosão na margem direita do córrego, na saída da ponte da Rua Manoel Ferreira Damião.

Figura 10a – Erosão na margem esquerda



Fonte: Os próprios autores (2015)

Figura 10b – Erosão na margem direita



Fonte: Os próprios autores (2015)

Na segunda visita, realizada no dia 04 de julho de 2016, verificou-se que a municipalidade solucionou os problemas referentes à erosão da área estudada, com adoção de medidas de

controle tipo estrutural, através de canalização e retificação do canal, utilizando de aduelas abertas de concreto pré-moldado, conforme mostram as figuras 11 e 12. Os aterros laterais, taludes de acabamento externos e plantio de grama, não estavam implantados.

Figura 11 – Canalização vista da Rua Manoel F. Damião



Fonte: Os próprios autores (2016)

Figura 12 – Canalização vista da Rua Ana Dias



Fonte: Os próprios autores (2016)

A Figura 13 mostra o trecho canalizado do trecho em análise, durante chuva de média intensidade e duração, em 04/12/2015. Podemos observar que não foram executados os aterros laterais.

Figura 13 – Canalização vista da Rua Manoel F. Damião



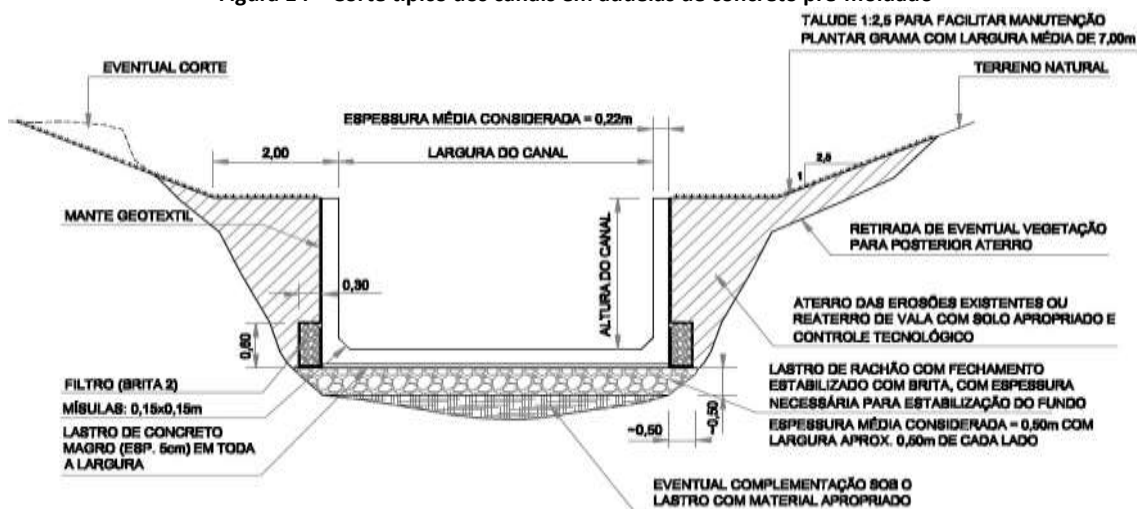
Fonte: Tupã Notícias – Disponível em:

<http://www.tupanoticias.com.br/site/noticias/ver/noticia/6088/temporal-que-durou-cerca-de-meia-hora-provoca-alagamentos-em-ruas-de-tupa>

Acesso em 15/07/2016.

Os estudos hidrológicos foram realizados pela Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica – FCTH (2008). A Figura 14 mostra o corte típico dos canais em aduelas de concreto pré-moldado projetado para a macrodrenagem urbana de Tupã. O quadro 1 mostra as dimensões, projetados, vazões e características dos canais projetados (parcial).

Figura 14 – Corte típico dos canais em aduelas de concreto pré-moldado



Fonte: Prefeitura da Estância Turística de Tupã (2016).



Quadro 1 – Canais projetados – intervenções

| Trecho | Nó Inicial | Nó Final | Qmáx Inicial (m³/s) | Qmáx Final (m³/s) | Cap. de Desc. (m³/s) | Extensão (m) | Seção Tipo | Declividade (m/m) | Tipo de Canal e Revestimento |
|---------|---|---|---------------------|-------------------|----------------------|--------------|------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| | Rua Miguel Queiroz | N3 | | 20,06 | 20,06 | 212,42 | | 0,0147 | Concreto Aduelas abertas pré-moldada |
| ABE-1 | Rua Brasil | N3 Balda Res. BE3 | 13,41 | 21,29 | 23,19 | 163,56 | | 0,0111 | Concreto Aduelas abertas pré-moldada |
| | RUBRYV. BE3 Balda Res. BE3 | N3 Balda Res. BE3 | 42,27 | 29,59 | 29,90 | 22,00 | | 0,0040 * manter esta declividade | Concreto Aduelas fechada pré-moldada |
| ABE-2 | N3 Balda Res. BE3 | N4 Estr.02 Rua Celganga | 44,54 | 32,81 | 36,11 | 249,92 | | 0,0086 | Concreto Aduelas abertas pré-moldada |
| ABE-3 | N4 Estr.02 Rua Celganga | N4 Trav.02 - Rua Manoel Ferreira Demêlo | 32,81 | 32,83 | 41,71 | 18,50 | | 0,0121 | Concreto Aduelas fechada pré-moldada |
| ABE-4 | N4 Trav.02 - Rua Manoel Ferreira Demêlo | N5 - Trav.03 Rua Francisco Turm | 32,89 | 33,84 | 39,17 | 181,14 | | 0,0023 | Concreto Aduelas abertas pré-moldada |
| ABE-4.1 | N5 - Trav.03 Rua Francisco Turm | Trav.04 Rua Manoel | 33,84 | 33,90 | 76,29 | 42,86 | | 0,0287 | Concreto Aduelas abertas pré-moldada |

Fonte: Prefeitura da Estância Turística de Tupã (2016), modificado pelos autores.

5. CONCLUSÃO

A metodologia adotada foi satisfatória para obtenção do objetivo proposto. Devido ao aumento de impermeabilização do solo, tanto pela pavimentação das vias trafegáveis como pela cimentação/vedação dos quintais das edificações situados dentro da bacia de contribuição hidráulica, contribuiu de modo significativo para o aumento da vazão das águas de chuvas escoadas através do trecho do córrego Afonso XIII, provocando incrementos de velocidade da água no canal, erodindo as margens, assoreando o fundo e aumentando a largura, provocando danos as propriedades ribeirinhas.

Nota-se que devido à grande urbanização existente e com poucas áreas verdes disponíveis, que a adoção de medidas não estruturais não seria efetiva. A adoção de medidas de controle estrutural, com a canalização do braço esquerdo do córrego Afonso XIII, para o controle das enchentes e eliminação de riscos de desabamentos de taludes, foi o indicado, a curto prazo, para a estabilização das margens do canal deste trecho do córrego.

Para mitigar a grande vazão de águas pluviais, sugere-se que a Prefeitura da Estancia Turística de Tupã incentivasse a população utilizar cisternas de captação de águas pluviais, para reuso, através da criação de legislação específica e campanhas de conscientização específica.

6. REFERÊNCIAS

ADEDIJI, Aderemi; JEJE, L. K; IBITOYE, M. O. **Urban development and informal drainage patterns: gully dynamics in Southwestern Nigeria**. Applied Geography, v.40, p. 90-102. Elsevier, 2013.



ALMEIDA, Thiara Messias. **Análise geossistêmica aplicada ao estudo da fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do rio São João de Tiba, Bahia.** Tese de doutorado. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2014.

ANDRADE, Juliana Pontes Machado de. **Previsão hidrometeorológica visando sistema de alerta antecipado de cheias.** Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo. São Carlos, 2006.

ANDREOLI, Cleverson Vítório; Carneiro, Charles. **Gestão integrada de mananciais de abastecimento eutrofizados.** 1ª Ed. Sanepar Finep. Curitiba, 2005.

BANDEIRA, Arilmara Abade. **Evolução do processo erosivo na margem direita do rio São Francisco e eficiência dos enrocamentos no controle da erosão.** Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão, 2005.

BENINI, Rubens Mirando. **Cenários de ocupação urbana e seus impactos no ciclo hidrológico da bacia do córrego do Mineirinho.** Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo. São Carlos, 2005.

BENINI, Sandra Medina. **Infraestrutura verde como prática sustentável para subsidiar a elaboração de planos de drenagem urbana: Estudo de caso da cidade de Tupã/SP.** Tese de doutorado. Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente, 2015.

BOTELHO, Rosângela Garrido Machado. **Solos Urbanos.** In: GUERRA, Antônio José Teixeira (org.). **Geomorfologia Urbana.** Bertrand Brasil. Rio de Janeiro, 2011.

BRUBACHER, João Paulo. **Inundações e enxurradas, município de Esteio - RS.** Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2016.

CANHOLI, Aluísio Pardo. **Drenagem urbana e controle de enchentes.** 1ª Ed. Editora Oficina de Textos. São Paulo, 2005.

CERRI, Leandro Eugenio da Silva. **Riscos geológicos associados a escorregamentos: uma proposta para prevenção de acidentes.** Tese de doutorado. Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 1993.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRAULICA. **Estudos de Macrodrenagem Urbana da Estância Turística de Tupã.** São Paulo, 2008.

MILLER, James Douglas *et al.* **Assessing the impact of urbanization on storm runoff in a peri-urban catchment using historical change in previous cover.** Journal of Hydrology, v.515, p. 59-70. Elsevier, 2014.

MARQUES, Valter dos Santos. **Erosão hídrica em microbacias utilizando geotecnologias.** Tese de doutorado. Universidade federal Rural do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2013.



MONTES, Rafael Menegazzo; LEITE, Juliana Ferreira. **A drenagem urbana de águas pluviais e seus impactos cenário atual da bacia do córrego Vaca-Brava Goiânia-GO.** Universidade Católica de Goiás. Goiânia, 2009.

OLIVEIRA, Bruno Eduardo Nóbrega. **Mapeamento, Identificação e Análise dos fatores relacionados aos processos erosivos no Distrito Federal (DF) – Ênfase nas voçorocas.** Dissertação de mestrado. Universidade de Brasília. Brasília, 2011.

PREFEITURA DA ESTÂNCIA TURÍSTICA DE TUPÃ. **Relatório de obras.** Secretária de Obras. Tupã, 2016.

RAMALHO, Maria Francisca de Jesus Lírio. **Considerações sobre riscos de erosão na área urbana da Grande Natal / RN – Brasil.** In: Riscos – Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança da Universidade de Coimbra. Coimbra, 2010.

ZHU, Zhihua *et al.* Approach for evaluating inundation risks in urban drainage systems. *Science of the Total Environment*, v.553, p. 1-12. Elsevier, 2016.