INFRAESTRUTURA VERDE APLICADA À DRENAGEM URBANA[1]

BENINI, S. M., UNIVAG - Centro Universitário, email: arquiteta.benini@gmail.com; ROSIN, J. A. R. G., UNIVAG - Centro Universitário, email: urbanista.jeane@gmail.com

ABSTRACT

This text emphasizes the importance of the green infrastructure, as a sustainable practice to subsidize the elaboration of Urban Drainage Plans. For this, a new look was proposed on the urban green, through theoretical and practical subsidies, in which the possibility of optimization of these spaces was demonstrated, through conjugated ecological processes (green and blue system), which are materialized through different typologies of green infrastructure. As a methodological procedure, a qualitative research on the green infrastructure was adopted, taking as a space the city of Tupã / SP. Thus, in carrying out the proposed case study, the research verified the importance of the incorporation of the green infrastructure in the process of urban planning and management, using the city of Tupã. The numerous environmental benefits that contributed significantly, not only to mitigation of the various effects resulting from the urbanization process, but as a primary strategy to ensure environmental quality in urban spaces.

Keywords: *Urban. Environmental. Management.*

1 INTRODUÇÃO

No processo de planejamento e gestão urbana é consenso a dificuldade de desconstrução dos sistemas de drenagem já implantados, ainda que obsoletos e ineficientes, o que vem justificar a relevância de estudos e alternativas que possibilitem a integração de estratégias inovadoras de adequações, ao incorporarem medidas corretivas e complementares dos sistemas de drenagem convencionais. A partir desses pressupostos, o planejamento urbano e o desenho ambiental possibilitam a conjugação de conceitos e técnicas ao incorporar princípios e técnicas com capacidade de respostas adequadas aos efeitos decorrentes das deficiências do sistema de drenagem, que vêm produzindo inundações em diversas cidades do país.

À drenagem urbana torna-se imprescindível que o planejamento urbano adote novas propostas para controle das águas pluviais, que privilegiem uma convivência harmoniosa entre o homem e a natureza. Neste sentido, diversos autores, dentre eles, Botelho (2011, p. 93) defendem a ideia de que é "preciso desenvolver novas formas de ocupação, novos materiais, novas técnicas, novas leis, estabelecendo novas relações de uso do espaço urbano", notadamente ao considerar que "a ideia de 'desconstruir' cidades é inconcebível e ilusória, pois não podemos deixar de construir moradias,

[1] BENINI, S. M. , ROSIN, J.A.R.G. Infraestrutura verde aplicada à drenagem urbana. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2018.

asfaltar ruas, erguer centros empresariais etc.".

Neste sentido, ressalta a importância do uso de mecanismos alternativos no espaço urbano que podem contribuir com o processo hidrológico de infiltração, assim como, o de percolação, a exemplo da bacia ou reservatório de amortecimento, a bacia de infiltração bacia de detenção, bacia de retenção, pavimentos porosos, dentre outros.

Apesar destes mecanismos não apresentarem nenhuma inovação tecnológica deste século, vistos que as mesmas práticas e técnicas foram incorporadas em projetos hidráulicos concebidos há muito tempo atrás e que, por motivos diversos, não foram difundidos e aplicados com frequência em projetos de drenagem urbana. A novidade que deve ser destacada, é que essas práticas e técnicas aplicáveis aos projetos de hidráulica, vêm sendo resgatadas por arquitetos, urbanistas, paisagistas, engenheiros, entre outros profissionais, e estão sendo consideradas como tipologias da infraestrutura verde, por serem compreendidas como mecanismos alternativos ecológicos para controle da drenagem urbana.

Segundo Herzog (2013, p. 111), a infraestrutrura verde, também chamada de "infraestrutura ecológica, é um conceito que tem evoluído rapidamente e se tornado mais abrangente nos últimos anos" e se fundamenta nos "conhecimentos da ecologia da paisagem e da ecologia urbana. Compreende a cidade como um sistema socioecológico, por meio de uma visão holística, sistêmica".

Ferreira e Machado (2010, p. 81) explicam que infraestrutura verde quando utilizada em projetos urbanos, insere, conserva ou recupera a "estrutura ecológica" do local da intervenção, por possibilitar a integração do "sistema azul" (circulação da água) com o "sistema verde" (produção de biomassa).

A infraestrutura verde se apresenta como ferramenta de valorização das estruturas ecológicas presentes nos ecossistemas locais e seu uso em projetos de intervenções urbanas, a exemplo daqueles relacionados ao controle da drenagem urbana, nos quais o emprego desta técnica poderá contribuir para a resiliência das cidades frente à ocorrência de eventos climáticos, como inundações, entre outros.

Deste modo, a adoção da infraestrutura verde em projetos de intervenções urbanas, pode representar a quebra de paradigmas através da promoção da construção de cidades sustentáveis e inteligentes, que contribuem para a oferta de espaços multifuncionais (drenagem urbana, serviços ambientais, equilíbrio e convivência com a natureza, lazer e recreação, dentre outros) que buscam a melhoria da qualidade de vida e ambiental para todos que vivem em cidades.

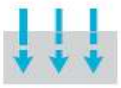
2 TIPOLOGIAS DA INFRAESTRUTURA VERDE

Muitos são os autores, entre eles podem ser mencionados Falcón (2007), Cormier e Pellegrino (2008), Franco (2010), Ferreira e Machado (2010), Singapore (2011) Herzog (2013), que consideram como tipologias de infraestrutura verde: Espaços Verdes Permeáveis (jardins, parques, corredores verdes, praças, dentre outros); Bacia de Sedimentação; Bacias de Biorretenção (Jardins de Chuva); Biovaleta, Bioengenharia; Biótopos de Limpeza; Canteiro Pluvial; Fitodepuração; Grade Verde; Lago Seco (ou Bacia de Detenção); Lagoa pluvial (ou Bacia de Retenção ou Biorretenção); Pavimentos Porosos, Teto Verde, dentre outras.

Deste modo, a infraestrutura verde quando aplicadas ao desenho ambiental urbano, utilizam do sistema verde (biomassa) com a finalidade de controlar o sistema azul (águas urbanas) através da purificação, detenção, retenção, transporte e infiltração (Quadro 01).

E ainda, deverá ser o "suporte dos ecossistemas autóctones e da paisagem, deverá ter funções de corredor ecológico ao providenciar habitats para fauna e flora", bem como "constituir um filtro de ar e água, funções sociais e culturais ao promover um equilíbrio estético e paisagístico, propiciando à população espaços livres de recreio, lazer e educação ambiental" (FERREIRA; MACHADO, 2010, p. 72)

Quadro 01 – Principais Funções Exercidas pela Infraestrutura Verde

	**Purificação**	O escoamento de águas pluviais pode ser purificado através de uma ou a combinação dos seguintes itens: Sedimentação, Filtração, Captação biológica.
	**Purificação**	Para diminuir do fluxo do escoamento de águas pluviais para aliviar o estresse no sistema de gerenciamento de jusante de águas pluviais. O escoamento pode ser desacelerado através de vários métodos, bem como drenagem por vegetação, aumento de irregularidade de uma área ou diminuição do declive da superfície de escoamento e armazenagem temporária (por algumas horas) e numa instalação no local.
	**Retenção**	A finalidade é aliviar o estresse no sistema de gerenciamento de jusante de águas pluviais. A água é retida por um período não muito longo (uma cisterna, dique ou tanque) tanto para uso posterior ou até que esteja pronta para ser liberada para a superfície de drenagem ou corpos.
	**Transmissão**	A transmissão refere-se à medida pela qual a superfície de escoamento é transportada e direcionada de um ponto de chuva inicial até seu descarte final. Isto é necessário para o controle de inundação.
	**Infiltração**	Infiltração é o processo pelo qual a água infiltra no solo para recarregar o lençol freático e os aquíferos, e tem o adicional do benefício de purificação

Fonte: SINGAPORE, 2011, p. 30-31 – Tradução Nossa

Entretanto, deve ser destacado que as funções da infraestrutura verde terão maior eficácia se houver interconexão com uma rede natural de espaços verdes, conservando os serviços ecossistêmicos.

Neste sentido, antes de qualquer intervenção urbana, devem ser considerados os problemas e potencialidades ambientais do local, tendo em vista a incorporação dos princípios e técnicas da infraestrutura verde, a qual permite identificar os espaços de maior fragilidade – ambientalmente mais sensíveis, portanto prioritários para o tratamento e alcance das possibilidades oferecidas.

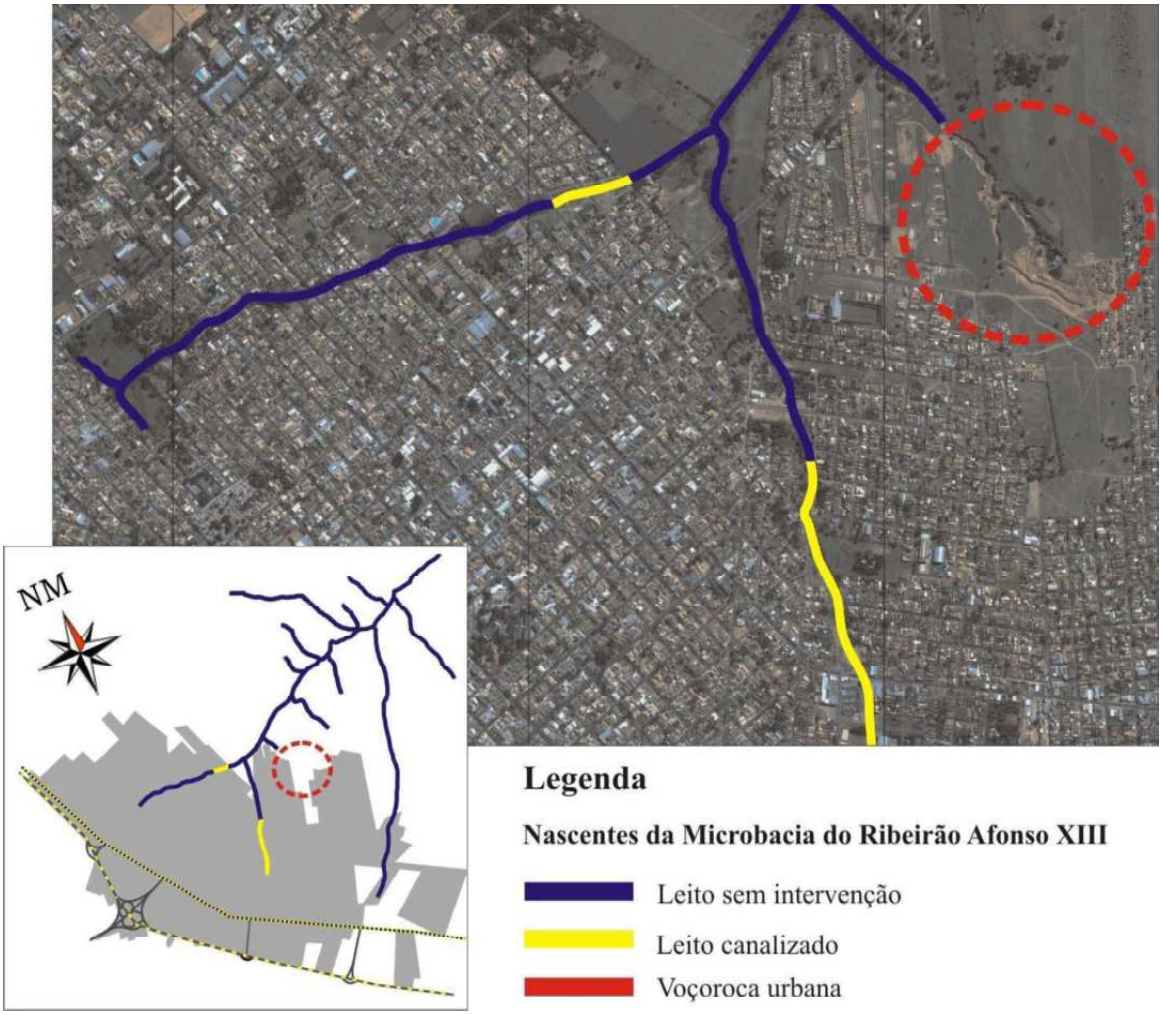
Desse modo, torna-se necessário, a revisão dos modelos convencionais, bem como a adoção de técnicas alternativas, pautadas por princípios ambientais que considerem a possibilidade de construção da sustentabilidade urbana.

3 ESTUDO DE CASO

Para estudo da temática proposta, adota-se como recorte espacial a cidade de Tupã (SP), localizada na região sudoeste do Estado de São Paulo. Como na maioria das cidades do Estado de São Paulo, o traçado urbano original foi orientado por uma morfologia, que pode ser identificada por quadrícula ou modelo nominado por tabuleiro de xadrez, conformando seu arranjo espacial. Entretanto, à medida que a malha urbana se expandiu sem observação das normas urbanas e ambientais, o plano inicial foi descaracterizado pela junção de novos traçados desconexos.

A expansão do tecido urbano é caracterizada pela ocupação inadequada e degradadora dos fundos de vales do Ribeirão Afonso XIII e pela expansão da malha urbana em áreas periféricas (Figura 01). Pelo fato do Município de Tupã estar situado no espigão divisor das águas dos Rios Peixe e Aguapeí. Os cursos d'água situados ao Norte da sede do município são tributários do Rio Aguapeí os que banham a porção Sul da sede municipal são afluentes do Rio do Peixe, ou seja, pertence a duas Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos constituídas pela bacia hidrográfica Aguapeí (UGRHI 20) e pela bacia hidrográfica do Peixe (UGRHI 21).

Figura 01- Nascentes da Microbacia do Ribeirão Afonso XIII na área urbana



Fonte: SEPLIN – Tupã, imagem tirada pelo Satélite QuicKBird, 2006.

Para caracterização da área de estudo, Laszlo e Rocha (2014) explicam que os principais rios da Bacia Hidrográfica Aguapeí e Peixe apresentam "características que se assemelham a rios meandrantes no seu trecho aluvial. As nascentes e o alto curso destes rios apresentam-se como rios encaixados/erosivos".

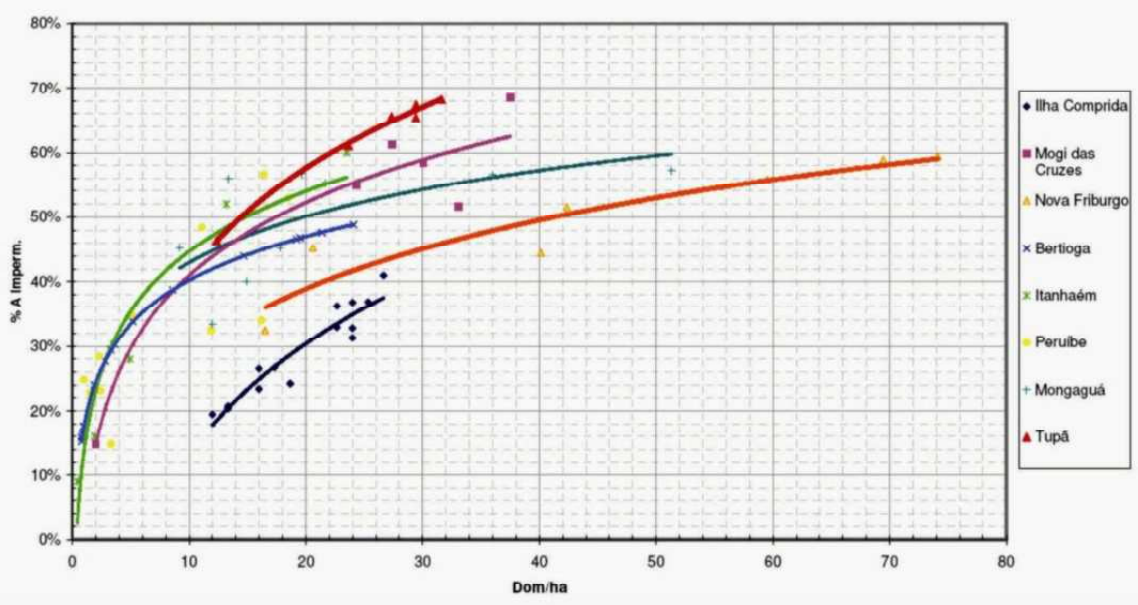
Com o processo de urbanização, as intervenções antrópicas no ambiente natural desencadearam uma série de impactos ambientais. Analisando esse fenômeno na unidade geográfica da microbacia do Ribeirão Afonso XIII, verifica-se que esse processo é acentuado.

Verificou-se que em decorrência do processo de urbanização da cidade de Tupã, as nascentes da referida microbacia foram ocupadas, provocando impactos ambientais intensos oriundos da retirada da mata ciliar; da ocupação dos fundos de vales; da emissão de efluentes industriais, comerciais e domiciliares; do depósito irregular de resíduos sólidos urbanos carreados pelas galerias pluviais, dentre outros.

Conforme dados apresentados pela Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica da Escola Politécnica de Engenharia da Universidade de São Paulo (CTH), os quais são resultados que comparou a densidade urbana em função

da impermeabilidade do solo urbano de Tupã com outras cidades, foi possível constatar o índice elevado de impermeabilização da cidade de Tupã (Figura 02).

Figura 02- Comparação de Curvas Domicílios/Habitantes X % Impermeável



Fonte: Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica, 2008a.

Com base nos resultados obtidos, a equipe do CTH, realizou uma projeção da impermeabilização da cidade de Tupã para os próximos anos (Quadro 02), o que ressalta a necessidade iminente de mitigar/reverter os efeitos negativos oriundos do processo de urbanização.

Quadro 02 – Projeção da Impermeabilização da Cidade de Tupã/SP

ANO	DOMICÍLIOS	ÁREA URBANA	DOMICÍLIO / ÁREA URBANA	% IMPERMEABILIZAÇÃO
2005	19.680	1.633,09	12,05	45,8
2007	20.312	1.637,57	12,40	46,4
2025	26.038	1.677,90	15,52	51,7

Fonte: Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica, 2008a.Adaptado por Sandra Medina Benini, 2009.

Conforme observado no Quadro 02 - Projeção da Impermeabilização da Cidade de Tupã, o percentual de impermeabilização encontrado, deverá aumentar 5,9 % desde 2007 até 2025.

Em razão da magnitude dos impactos produzidos, durante as últimas décadas foi dado início a um processo de revisão dos procedimentos técnicos empregados no sistema de drenagem urbana, resultando em significativas

reformulações conceituais e práticas. Foi essa nova visão que norteou a elaboração de Estudos de Macrodrenagem Urbana da Estância Turística de Tupã (Plano de Macrodrenagem – composto pelo Plano de Ação Imediata e o Plano de Ação Continuada).

Segundo a Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (2008e, p. 94), a execução do "Plano de Macrodrenagem em sua essência" (Plano de Ação Imediata e o Plano de Ação Continuada) tem por objetivo melhorar a qualidade de vida da população tupãense "no cenário atual", por meio de "investimento da ordem de R$ 69.000.000,00 até 2027".

Em 2010, foi viabilizada a assinatura do convênio com o Governo Federal por meio do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) Saneamento, marcando o início de execução das obras prevista no Plano de Macrodrenagem. Nessa primeira etapa (vinculada ao Plano de Ação Imediata) as obras foram orçadas em 24,5 milhões de reais, sendo:

- 10,5 milhões a fundo perdido;
- 12,8 milhões serão liberados através de financiamento já aprovado pela Caixa Econômica Federal;
- 1,2 milhão será a contrapartida do Município.

Todavia, deve-se destacar que uma vez vinculados os recursos públicos ao Plano Macrodrenagem, no caso específico em estudo, necessariamente, o administrador público poderá ser responsabilizado a qualquer tempo, por ações ou omissões que venham comprometer a execução desse plano.

Neste sentido, a Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (2008e) ressalta que

> [...] as medidas estruturais devem e virão acompanhadas de outras medidas denominadas, compensatórias e não-estruturais. Estas, na grande maioria, de caráter institucional serão parte integrante do PAC e, como tal, deverão ser implementadas dentro do horizonte do plano, ou seja, até 2028. Tais medidas darão sustentabilidade aos Estudos de Macrodrenagem Urbana da Estância Turística de Tupã, e portanto, não deverão ficar restritas somente às escritas contidas neste relatório, mas deverão vir acompanhadas de medidas efetivas do poder público municipal, responsável por sua implantação e cumprimento. Todavia, há de haver perseverança e fiscalização dessas ações. (p. 24).

Desta forma, destaca-se que a importância da fiscalização na execução do Plano de Macrodrenagem, seja pela administração pública, Tribunal de Contas, Ministério Público (por se tratar de interesse comum) e aos diversos setores organizados da sociedade civil.

No tocante ao Plano de Ação Continuada (previstas para serem executadas no período de 2014 a 2027), constatou-se durante a elaboração desta pesquisa, que algumas medidas foram executadas em 2012, a exemplo:

Medidas Estruturais:

- Implantação de Parque Linear localizado no encontro do braço direito com o braço esquerdo do Ribeirão Afonso XIII;
- Exigência da implantação de microdrenagem em todos os novos loteamentos.

Medidas Estruturais Extensivas / Compensatórias:

- Aumentar a permeabilidade do solo urbano, por meio de tipologias da infraestrutura verde;
- Aumentar a conectividade dos espaços verdes;
- Bacias de detenção secas;
- Utilização de pavimentos permeáveis;
- Controle da erosão (Voçorocas).

Medidas Não Estruturais:

- Regulamentação do uso e ocupação do solo (principalmente em fundo de vale), pelo Plano Diretor de Desenvolvimento Sustentável;
- Implantação da Taxa de Permeabilidade do Solo, por meio da Outorga Onerosa do Direito de Construir (Solo Criado).
- Implantação e conservação das áreas verdes;
- Manutenção do serviço de limpeza de ruas e manutenção dos canais, e galerias de escoamento de águas pluviais;
- Disposição e destinação adequada dos resíduos sólidos urbanos.
- Revegetação da mata ciliar do braço esquerdo do Ribeirão o Afonso XIII;
- Foi exigida a previsão dos índices mínimos de permeabilidade como requisito para aprovação de projetos residenciais, comerciais e industriais.

Em âmbito geral, seja pela execução do Plano de Ação Imediata ou pela antecipação da execução do Plano de Ação Continuada, é possível constatar seus benefícios na melhoria da qualidade ambiental da cidade e de vida população, o que pode ser verificado a partir dos efeitos institucionais e ações consolidadas decorrentes do Plano de Macrodrenagem.

Por fim, no que se refere à infraestrutura verde verificou-se que apenas algumas tipologias foram implantadas (Reservatório de detenção, aumento da permeabilidade pela implantação de parques, praças e jardins, bem como, pelo uso de pavimento permeáveis), inclusive antecipando as ações previstas no Plano de Ação Continuada. Deve-se destacar que as tipologias da infraestrutura verde que foram implantadas estão contribuindo para qualidade ambiental da cidade, pois aumentaram a área permeável e criaram novos espaços de uso múltiplo para a população tupãense.

4 CONCLUSÕES

A cidade de Tupã, a exemplo do que tem ocorrido em diversas localidades urbanas do país, tem registrado com frequência a fragilidade da infraestrutura do sistema de drenagem urbana diante de precipitações mais expressivas, aliada à impermeabilização do solo urbano, com a carência de galerias pluviais e o alto déficit áreas verdes, os quais colaboram para ocorrência e agravamento desses eventos.

A elaboração e implantação do Plano de Macrodrenagem (Plano de Ação Imediata e o Plano de Ação Continuada) da cidade para Tupã, mesmo considerando que se encontra em fase de execução, pode ser considerada uma iniciativa exemplar para o processo de gestão urbana, por demostrar a preocupação do gestor público em incorporar o processo de planejamento em sua gestão visando a melhoria da qualidade de vida da população no município e serve de exemplo às demais municipalidades de que problemas urbanos existem, mas basta ter vontade política para buscar as soluções pertinentes.

Diante do exposto, considerando o universo da pesquisa apresentada, conclui-se que a infraestrutura verde deve ser considerada como concepção sustentável para subsidiar a elaboração de planos de drenagem urbana. Desta forma, esta pesquisa recomenda a utilização das tipologias da infraestrutura verde como elemento urbanístico multifuncional para estruturação da paisagem, contribuindo assim para o gerenciamento das águas pluviais, bem como, para lazer, recreação e para qualidade ambiental do espaço urbano.

REFERÊNCIAS

BOTELHO. Rosângela Garrido Machado. Solos Urbanos. In. GUERRA. Antônio José Teixeira (org.) **Geomorfologia Urbana.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011, pp. 71-115.

CORMIER, Nathaniel S.; PELLEGRINO, Paulo Renato Mesquita. Infra-estrutura verde: uma estratégia paisagística para a água urbana. **Rev. Paisagem e Ambiente**, São Paulo, n.25, pp. 125-142, 2008.

FALCÓN, Antoni. **Espacios verdes para una ciudad sostenible –** Planificación, proyecto, mantenimiento y gestión. Ed. Gustavo Gili: Barcelona, 2007.

FERREIRA, José Carlos; MACHADO, João Reis. Infra-Estruturas Verdes para um Futuro Urbano Sustentável. O Contributo da Estrutura Ecológica e dos Corredores Verdes. **Rev. LABVERDE**, São Paulo, v.1, n.1, p. 68-90, 2010.

FRANCO, Maria de Assunção Ribeiro. Infraestrutura Verde em São Paulo - O Caso do Corredor Verde Ibirapuera-Villa Lobos. **Rev. LABVERDE**, São Paulo, v.1, n.1, p. 134-155, 2010.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA. **Estudos de Macrodrenagem Urbana da Estância Turística de Tupã**. Tupã, v. 1, t.1, 2008a.

_____. **Estudos de Macrodrenagem Urbana da Estância Turística de Tupã**. Tupã, v. 2, t.1, 2008b.

_____. **Estudos de Macrodrenagem Urbana da Estância Turística de Tupã**. Tupã, v. 3, t.1, 2008c.

_____. **Estudos de Macrodrenagem Urbana da Estância Turística de Tupã**. Tupã, v. 4, t.1, 2008d.

_____. **Estudos de Macrodrenagem Urbana da Estância Turística de Tupã**. Tupã, v. 5, t.1, 2008e.

HERZOG, Cecília Polacow. **Cidades para Todos:** (re) aprendendo a conviver com a natureza. 1. Ed. Rio de Janeiro: Mauad X: Inverde, 2013, 312 p.

LASZLO, J. M. ; ROCHA, P. C. . Variações morfométricas dos canais fluviais dos rios Aguapeí e Peixe e suas relações com os diferentes trechos dos perfis longitudinais. In: **ANAIS...** Congresso Brasileiro de Geógrafos, 2014, Vitória. Anais do VII Congresso Brasileiro de Geógrafos, 2014. Disponível em: http://www.cbg2014.agb.org.br/resources/anais/1/1403633430_ARQUIVO_TrabalhoCBG-JhonatanLaszlo.pdf . Acesso em 04 nov de 2014.

SEPLIN - Secretaria Municipal de Planejamento e Infraestrutura. **Relatório de Projetos e Obras.** Tupã: Prefeitura Municipal de Tupã, 2006.

_____. **Relatório Geral de Projetos e Obras (2008 a 2012).** Tupã: Prefeitura Municipal de Tupã, 2012.

SINGAPORE. ***ABC Waters Design Guidelines.*** *Public Utilities Board* ("PUB"). 2. ed., 2011. Disponível em: < http://www.pub.gov.sg/abcwaters/abcwatersdesignguidelines/Documents/ABCWatersDesignGuidelines_2011.pdf > Acesso em 03 set. 2012.