



CAPÍTULO 3

TRAMA VERDE-AZUL E DRENAGEM URBANA SUSTENTÁVEL

DOI: <http://dx.doi.org/10.18616/pgt03>

André Luiz Lopes da Silveira

SUMÁRIO





INTRODUÇÃO

Os núcleos urbanos quando se instalam e crescem promovem historicamente com a natureza uma disputa pelo espaço, impondo processos de ocupação do solo e fluxos que normalmente impactam negativamente aqueles naturais. Tanto que urbanização tem conotação negativa como uma das maiores ameaças ao meio-ambiente. De fato, a urbanização traz consigo inevitáveis impactos, como edificações e vias construídas sobre o solo (e consequentes desmatamentos), e densificação populacional (que requer serviços de água, esgoto, drenagem, coleta de lixo, energia e transporte), mas historicamente esses impactos não são mitigados do ponto de vista da natureza, apenas resolvidos sob preceitos urbanísticos ainda calcados no modelo higienista do século XIX, que se tornou paradigma tanto na arquitetura e urbanismo quanto na engenharia.

Nesse contexto, a drenagem urbana tinha apenas um objetivo: coletar e afastar o mais rapidamente possível as águas pluviais precipitadas, tarefa ignorada pelos planejadores urbanos (normalmente arquitetos urbanistas) na crença de que a engenharia resolveria tudo, por isso o desenho e projeto dos sistemas pluviais seriam normalmente “coisa para um engenheiro resolver”. A drenagem urbana, longe de ser sustentável, era vista como um mero acessório dos loteamentos e vias. Assim, teria de lidar cada vez mais com excessos pluviais decorrentes da ocupação superficial dos solos, normalmente com impermeabilização.

A realidade de frequentes alagamentos urbanos em praticamente toda cidade com chuva significativa levou finalmente ao reconhecimento da insustentabilidade da drenagem urbana higienista. A reação foi buscar soluções cada vez mais sustentáveis antes mesmo da definição de sustentabilidade se tornar bastante conhecido em 1987 a partir do relatório Bruntland (UNITED NATIONS GENERAL ASSEMBLY, 1987) e da Rio 92 (UNITED NATIONS CONFERENCE ON THE HUMAN ENVIRONMENT, 1992).

Atualmente, existe uma maneira de pensar a urbanização com menos impacto, valorizando os corpos-d’água (o azul) e a vegetação (o

verde) naquilo que a bibliografia consagrou como “trama verde-azul”. A trama verde-azul (TVA) não é um conceito que foi concebido visando à drenagem urbana sustentável, mas tem ficado evidente que essa aproveita ou compartilha de muitas soluções daquela, o que só pode para contribuir para melhorar o ambiente urbano.

Dessa forma, o objetivo deste artigo é dar um panorama sobre a drenagem urbana sustentável e a sua relação com a trama verde-azul, procurando passar uma mensagem de que a urbanização não necessariamente deve formar um ambiente incompatível com os valores e benefícios da natureza.

DRENAGEM URBANA SUSTENTÁVEL

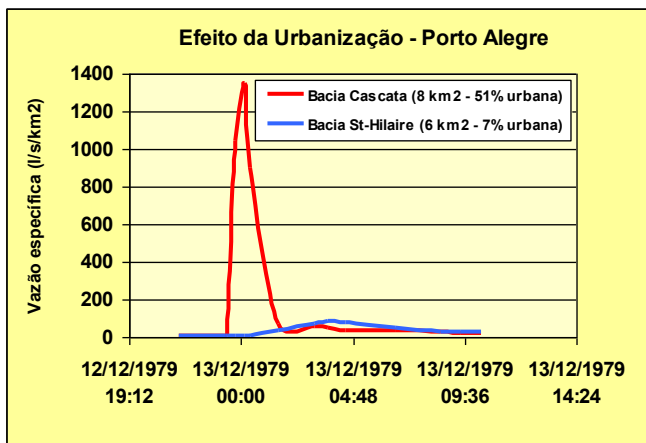
A necessidade objetiva da drenagem urbana numa cidade é dar conforto e segurança quando ocorrem chuvas. Pedestres não têm que transitar no meio da água nem motoristas têm de transitar por ruas alagadas. Moradores e as pessoas em geral também não precisam ter de suportar a invasão da água nas edificações quando chove. Além da segurança pessoal, a drenagem urbana sempre visou também evitar danos materiais e bens ambientais. Aqui cabe distinguir alagamento de inundação. A drenagem urbana visa evitar alagamentos. Alagamento é quando ocorre acúmulo de água em ruas, calçadas ou outros locais quando a capacidade do sistema de drenagem é superada pela intensidade das precipitações. Inundação é quando o escoamento não se limita à calha principal do rio e extravasa gradualmente para áreas marginais.

Evidentemente, nenhum sistema de drenagem urbana será capaz de absorver todas as chuvas, e na engenharia admitem-se probabilidades de falha de até 20%, como no caso da microdrenagem. Na macrodrenagem, são usuais valores de probabilidades de falha de 4 a 10%. Probabilidade de falha significa a probabilidade que uma chuva intensa tem de extravasar do sistema de drenagem, provocando alagamento. Uma probabilidade de falha de 20% significa que o sistema de drenagem não será capaz de engolir os excessos pluviais uma vez a cada cinco anos.

Bidone e Tucci (1995) definem microdrenagem urbana como o sistema de condutos pluviais (incluindo as sarjetas) em nível de loteamento, enquanto que a macrodrenagem abrange córregos, rios, canais e galerias de maior porte.

A drenagem urbana insustentável, aquela do conceito higienista que propugna afastamento sem mitigação dos excessos pluviais, só usa estruturas clássicas, como sarjetas, bocas-de-lobo, tubos, galerias, canais e bombas. A insustentabilidade advém do fato de que maiores estruturas são exigidas com a maior ocupação do solo e, mesmo que consiga resolver localmente os alagamentos, o fato de transferir grandes volumes pluviais para jusante (“para baixo”) pode provocar alagamentos noutra local abaixo. Ou seja, o problema é apenas transferido para baixo e se torna cada vez mais insustentável quanto mais áreas acima são ocupadas e impermeabilizadas. Um exemplo de drenagem urbana insustentável é mostrado no Gráfico 1, que compara um hidrograma de cheia numa bacia urbanizada em Porto Alegre com o de uma bacia rural (Marques et al, 2009).

Gráfico 1 – Cheia de uma bacia urbana (com drenagem insustentável) e de uma bacia rural



Fonte: Marques et al (2009)

A partir desse contexto, surgiram gradativamente os conceitos que hoje definem uma drenagem sustentável. As primeiras soluções surgiram ainda num cenário clássico, com o uso de reservatórios para retenção de águas pluviais, mas sem efetivamente carregar consigo uma ideia ambientalista ou sustentável. As preocupações com o ambiente em nível mundial datam do início dos anos 1970, mas com respeito à drenagem urbana somente ganhou corpo nos anos 1990.

Em Fletcher et al. (2015) encontramos uma consistente descrição histórica sobre a evolução das ideias da drenagem urbana pós-higienista. Ele esclarece o pensamento por de trás de “escolas” ou siglas como LID, BMPs, WSUD e SUDS.

- a. LID (“Low Impact Development”): ideia dos anos 1970, mas desenvolvida nos anos 80 e 90 e consolidada na primeira década do século atual. Materializada por leis nos EUA, Canadá e Nova Zelândia (onde é referida como LIUDD, “Low Impact Urban Design and Development”), a ideia básica da “escola” LID é manter ou restabelecer o balanço hidrológico de pré-ocupação através de soluções locais/pontuais integradas numa paisagem funcional hidrológica;
- b. BMPs (“Best Management Practices”): “escola” surgida há muitas décadas para identificar práticas estruturais e não estruturais úteis à área da agricultura nos EUA, conservação de solos. Nos anos 1980/90, a expressão BMPs foi adaptada para a drenagem urbana, no Canadá e EUA. Nesse caso, a ideia precípua foi de estabelecer repertório de práticas estruturais e não estruturais com o objetivo de controle da poluição pluvial e sedimentos;
- c. WSUD (“Water Sensitive Urban Design”): é abordagem de planejamento urbano surgida na Austrália nos anos 1990, onde a drenagem urbana é uma área importante. A ideia básica do WSUD é minimizar os impactos hidrológicos da urbanização no ambiente, no contexto do planejamento urbano na escala de ba-

cia, sendo a drenagem urbana um instrumento setorial focado no controle de cheias, manejo fluvial/pluvial e a qualidade da água;

d. SUDS (“Sustainable Urban Drainage Systems”): ideia consolidada em 2000, na Grã-Bretanha, que estuda e reúne uma gama de tecnologias e técnicas de drenagem mais sustentáveis. O objetivo é estabelecer uma sequência de práticas e tecnologias para agir juntas buscando soluções mais sustentáveis que as convencionais.

Fletcher et al. (2015), através da Figura 1, posicionam qualitativamente essas “escolas” em escalas de foco (do mais direcionado – manejo das águas pluviais urbanas – ao mais abrangente – gestão do ciclo urbano da água) e de especificidade (da mais restrita – técnicas específicas estruturais e não estruturais – à mais generalista – norteamento por princípios gerais).

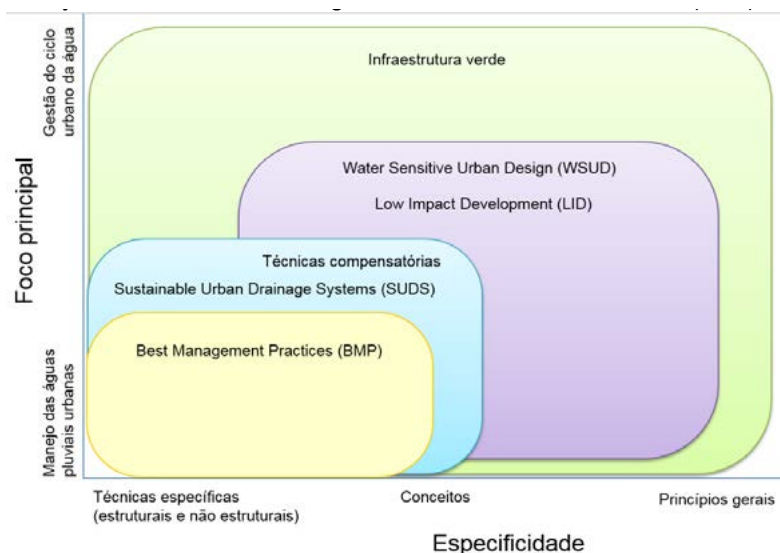
Esses autores incluem na representação algo bem amplo denominado de “infraestrutura verde”, que englobaria todas as escolas, ampliando ao máximo o espectro de atuação tanto de foco como de especificidade. Ou seja, como contraponto à infraestrutura cinza (prédios, vias pavimentadas, tubulações, postes etc.), a infraestrutura verde busca em todos os níveis de intervenção adaptar funcionalidades da natureza para o controle pluvial, favorecendo a drenagem urbana, repetindo ou emulando a infiltração da água no solo natural, que a vegetação favorece, e/ou a retenção de fluxos em percurso.

Ao evocar o natural, o uso de infraestrutura verde frequentemente é considerado como uma abordagem ambientalista, ou mesmo sustentável, da drenagem urbana. Isso é um exagero, mas entende-se que faz parte de um esforço para erradicar o conceito higienista, reconhecidamente insustentável.

De certa forma, a Figura 1 ilustra a limitação da infraestrutura verde enquanto abordagem sustentável, porque é sugerida em uma evolução

conceitual linear, delimitada e não sinérgica com outros recortes. A trama verde-azul, apresentada no item seguinte, explora sinergias e inter-relações justamente em busca de uma drenagem sustentável, não ela sozinha, mas num contexto ambiental mais amplo. De imediato, deve-se prevenir os leitores não usuais dos textos técnico-acadêmicos de que a expressão infraestrutura verde vem sendo utilizada como equivalente a trama verde-azul, mas nem sempre de forma pertinente.

Figura 1 – Evolução dos conceitos em drenagem urbana conforme Fletcher et al. (2015)



Fonte: <https://www.aquafluxus.com.br>. Acesso em: 17.nov.2016.

TRAMA VERDE-AZUL

A trama verde-azul (TVA) é um conceito que reúne abordagens integradas mais naturais para solução de problemas urbanos e climáticos.

Os componentes principais são: manejo pluvial (drenagem urbana), adaptação climática, menor estresse térmico, mais biodiversidade, segurança alimentar, melhor qualidade do ar, produção energética sustentável, água e solos despoluídos, qualidade de vida, mobilidade, recreação, sombra e abrigo/habitação nas cidades e arredores. A meta da TVA é o estabelecimento de arranjos socioeconômicos e ambientais adequados. Dessa forma, ela não reconhece a possibilidade de uma drenagem urbana sustentável sozinha.

A “paternidade” do conceito da TVA não é clara, mas se destacam polos de divulgação europeus como o site www.urbangreenbluegrids.com, da Holanda, que coloca a TVA como o conjunto de temas integrados de: água, calor, biodiversidade, agricultura urbana, qualidade do ar, energia, importância socioeconômica e processos de “fazer acontecer”.

Em exemplo da França (site www.trameverteetbleue.fr), a TVA é definida como

uma rede de continuidades ecológicas terrestres e aquáticas identificadas por padrões regionais de coerência ecológica assim como pelos documentos de planificação do Estado das coletividades territoriais e seus agrupamentos. A TVA contribui para a melhora do estado de conservação dos habitats naturais e das espécies, a para o bom estado ecológico das massas de água. Ela se aplica também a todo território nacional com exceção do meio marinho.

A TVA tornou-se política de estado na França, que reconheceu que a paisagem está cada vez mais fragmentada (https://fr.wikipedia.org/wiki/Trame_verte_et_bleue_française). Assim, a TVA pretende estancar a perda de biodiversidade (extraordinária e comum), permitindo e facilitando os intercâmbios genéticos necessários para a sobrevivência de espécies selvagens, bem como recuperar o “bom estado ecológico” ou o “bom potencial” das águas superficiais. A parte “verde” corresponde, nessa abordagem de TVA, a ambientes terrestres naturais e semi-natu-

rais, e a componente “azul” refere-se à rede aquática e úmida (rios, rios, zonas úmidas, estuários etc.).

Essa visão foi estabelecida naquilo que os franceses chamaram de “Grenelle de l’Environnement” (Grenelle é uma antonomásia francesa para designar fórum de debate/negociação política sobre algum assunto), que foi uma série de reuniões políticas organizadas na França em setembro e dezembro de 2007, com o objetivo de tomar decisões a longo prazo sobre o meio ambiente e o desenvolvimento sustentável, em particular para restaurar o meio ambiente. Os instrumentos seriam a TVA e esquemas regionais de coerência ecológica, ao mesmo tempo visando redução de emissões de gases de efeito estufa e melhora a eficiência energética.

O ponto de vista anglo-saxão da TVA é mais explícito na consideração do urbano. Assim, uma definição de TVA disponível (https://en.wikipedia.org/wiki/Green_infrastructure) é de que ela é “uma rede que fornece os ‘ingredientes’ para a resolução de desafios urbanos e climáticos, construindo com a natureza”. É o conceito mais de acordo com a ideia do primeiro parágrafo acima. Com essa visão, busca-se o gerenciamento de águas pluviais, adaptação climática, menor estresse por calor, mais biodiversidade, produção de alimentos, melhor qualidade do ar, produção de energia sustentável, água limpa e solos saudáveis, bem como as funções mais antropocêntricas, como o aumento da qualidade de vida através de recreação e fornecimento de sombra e abrigo nas cidades e nas cidades. Nesse contexto, a TVA também fornece uma base ecológica para a saúde social, econômica e ambiental da vizinhança.

Em síntese, a TVA permite almejar uma urbanização sem o significado de impacto ambiental deletério. Na drenagem urbana, pensando, assim, não mais seria inevitável que a urbanização fosse quase sinônimo de alagamentos (maiores volumes e vazões escoadas devido a uma impermeabilização descontrolada e obras de drenagem – tubos, galerias, canais – aceleradoras de fluxo). Sem controle, o quadro de insustentabilidade da drenagem urbana resume-se em: mais urbanização = mais alagamentos.

Na TVA, a drenagem urbana sustentável é uma consequência. O objetivo síntese de uma TVA é o conforto ambiental (para todos os seres

vivos), manejando o controle térmico pela evapotranspiração controlada do verde e do azul, ocupação do solo (sombreamento e infiltração), manejo de fluxos e armazenamentos superficiais de água, integrando tudo isso com o bem-estar.

Os elementos que o site “www.urbangreenbluegrids.com” aponta para a TVA podem ser assim sintetizados em “palavras de ordem”:

Água

- a. Torná-la visível: drenagem melhor é aquela feita pela superfície (sobre o “chão”);
- b. infiltrá-la e retê-la temporariamente: chance de alagamentos menor;
- c. tratá-la quando esgoto descentralizadamente;
- d. reusá-la enquanto esgoto tratado;
- e. usá-la também quando oriunda da chuva;
- f. contê-la e manejá-la com medidas estruturais e não estruturais para lidar com grandes eventos (obras, zoneamentos, alertas, prevenção de desastres, socorro etc.);
- g. usá-la e explorá-la parcimoniosamente como parte de ações contra secas.

Calor

- a. Reduzi-lo com vegetação (retirada de calor mediante evapotranspiração);
- b. reduzi-lo com água (retirada de calor mediante evaporação);
- c. amenizá-lo com uso de materiais “frios”;
- d. amenizá-lo com a criação de áreas sombreadas vegetadas e não vegetadas.



Biodiversidade

- a. Aumentá-la pelo controle de nutrientes;
- b. promovê-la atraindo animais com plantas nativas domesticadas;
- c. estimulá-la utilizando restos verdes como adubos favorecendo saúde das plantas e o baixo custo de manutenção;
- d. aumentá-la evitando excesso de cuidados que desfavorecem espécies;
- e. promovê-la através de manejo pluvial ajustado para uso de plantas e animais.

Agricultura Urbana

- a. Promovê-la para produção de alimentos com reduzida pegada ecológico-energética;
- b. favorecê-la para produzir plantas ornamentais e flores em vizinhanças;
- c. incentivá-la como ponto de parada para visitação, contemplação por pedestres;
- d. fomentá-la para oportunizar aos cidadãos urbanos contato com a terra;
- e. estimulá-la para configurar locais de socialização.

Qualidade do Ar

- a. Combater sua má qualidade na origem (incentivar uso de veículos não poluentes);



- b. implantar “clusters” de vegetação (parques) e corredores verdes para maior oxigenação do ar, ventilação e retenção de poluentes aéreos;
- c. evitar confinamento de poluentes em “túneis verdes” e “canyons urbanos”.

Energia

- a. Reduzi-la em seu uso mitigando a demanda (medidas e educação);
- b. reutilizá-la para reduzir/otimizar produção;
- c. obtê-la de fontes renováveis (fotovoltaica, eólica, hídrica, biomassa);
- d. utilizá-la com eficiência não importa sua origem;
- e. minimizá-la no uso de ar-condicionado com emprego de “fachadas verdes” e outras modalidades verdes de edificações.

Valoração Socioeconômica

- a. Estimulá-la pela influência positiva da vegetação na saúde física e mental;
- b. aumentá-la mediante desfrute da natureza para descanso e exercícios;
- c. promovê-la via trocas sociais em áreas verdes (adultos e crianças);
- d. torná-la maior pela percepção de qualidade de vida e segurança;
- e. obtê-la pelo ganho de valor econômico por imóveis, turismo e “business”;



- f. incentivá-la através da conexão entre áreas urbanas e rurais;
- g. instigá-la com a compreensão da adaptação climática;
- h. aumentá-la pelo conforto ambiental (efeito de ambiente com calor reduzido);
- i. motivá-la pela conscientização da biodiversidade;
- j. impulsioná-la através da agricultura urbana;
- k. oportunizá-la com a busca de melhor qualidade do ar;
- l. motivá-la através da consciência sobre energia de biomassa e economia de água.

O sucesso do manejo de todos esses elementos acima na implantação de um projeto de trama verde-azul depende de vários aspectos que podem ser denominados de processos de “fazer acontecer” (“www.urbangreenbluegrids.com”), que, resumidamente, se apresentam da seguinte forma:

- a. A abordagem em projetos de reforma/revitalização é mais “passo a passo” do que em novas áreas (tudo novo de início); logo, a metodologia é diferente nesses casos;
- b. os projetos devem ser baseados em planejamento espacial para serem efetivos;
- c. a visão de longo prazo é inerente à trama verde-azul; logo, um projeto TVA prevê a expansão/reprodutibilidade da rede e sua filosofia;
- d. é essencial avaliar a factibilidade técnica e financeira das medidas em potencial;
- e. é necessário haver grupos de trabalho focados em disciplinas e escalas diferentes;
- f. é muito importante que se usem modelos matemáticos para avaliação integrada da trama verde-azul;

- g. bônus fiscais como instrumentos para a adesão de cidadãos devem ser considerados;
- h. é básico inventariar, manter, proteger e conectar áreas verdes;
- i. os projetos devem estabelecer limites para edificações e urbanização e promover áreas verdes (telhados verdes, fachadas verdes etc.);
- j. os projetos devem estimular estacionamentos subterrâneos para criar espaços na superfície;
- k. é essencial haver sensibilização pública e comunicação para aceitação dos projetos (centros de informação).

A mensagem desse item de trama verde-azul em contraponto ao item anterior de drenagem urbana sustentável é de que essa pode ser limitada em seus objetivos, pois a sustentabilidade restringe-se aos sistemas de drenagem e sua economia pontual e de escala. Por outro lado, a TVA busca uma sustentabilidade na sua definição mais correta como a do relatório Bruntland citado anteriormente. Isso não impede que haja interfaces de interesse entre TVA e a chamada drenagem urbana sustentável e dessa com os diversos conceitos em drenagem urbana conforme apresentados por Fletcher et al. (2015).

Em síntese, a TVA e vários conceitos de drenagem urbana vão compartilhar medidas de BMPs, SUDS, LIDs, WSUDs. Muitas vezes, vai haver confusão por isso, mas a TVA é a única com a filosofia de rede e, por isso, capaz de um efeito sinérgico positivo além do efeito individual de cada medida.

REPERTÓRIO DE MEDIDAS BMP, SUDS, LIDS, WSUDS

Não é intenção deste texto nem deste item descrever detalhadamente cada medida, nem distingui-las como exclusividade de cada “escola” entendida aqui como que seguindo os ditames das BMPs, SUDS, LIDs e WSUDs e mesmo da “escola verde”.

A ideia de elencar, entretanto, é caracterizá-las como ferramentas de intervenção no tecido urbano que visam ao controle pluvial quantitativo e qualitativo, portanto igualmente úteis em arranjos TVA. Cada dispositivo tem uma capacidade de controle quantitativo pluvial na fonte, uma capacidade de retenção de sedimentos e taxas de remoção de nutrientes, como fósforo e nitrogênio. Na literatura científica e técnica, nacional e internacional, o interessado pode inferir sobre a potencialidade de cada intervenção e utilizá-la com criatividade em projetos, respeitadas eventuais normas vigentes.

Dessa forma, a lista a seguir sugere as medidas e palavras-chave para pesquisa:

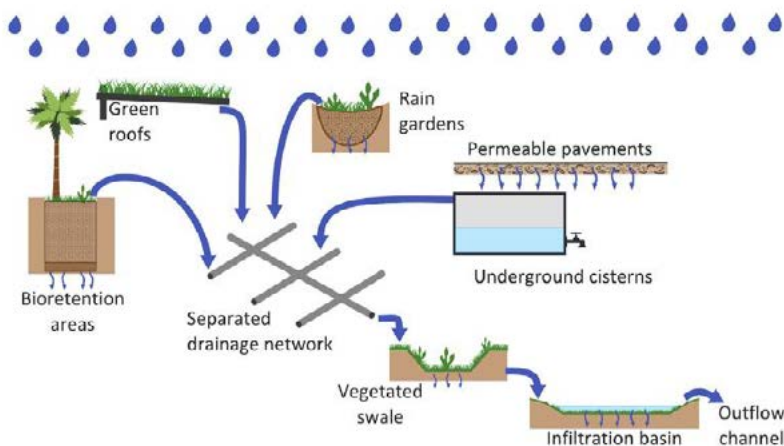
- a. bacia de detenção (bacia ou reservatório seco);
- b. bacia de retenção (bacia ou reservatório com água permanente);
- c. banhado pluvial (água permanente com funções ecológicas);
- d. bacia subterrânea (reservatório seco subterrâneo);
- e. bacia de infiltração (reservatório seco com fundo permeável);
- f. trincheira de infiltração;
- g. poço de infiltração;
- h. pavimento permeável;
- i. superfície/faixa de infiltração (superfície/faixa gramada infiltrante);
- j. vala de infiltração (vala gramada infiltrante);
- k. jardim de chuva;
- l. dispositivos de biorretenção;
- m. barril de chuva;
- n. telhado verde;
- o. telhado reservatório;
- p. microrreservatório (cisterna);

- q. parque linear (parques ao longo de margens de cursos-d'água);
- r. parede verde.

Essa lista não pretende ser exaustiva, mas serve de norte para aqueles interessados em medidas de controle quali-quantitativo das águas pluviais. Morales-Torres et al. (2016) apresentam um esquema de uso de algumas dessas medidas na filosofia SUDS (Figura 2).

Algo similar poderia compor uma rede de TVA, com as potencialidades de integração com medidas complementares e suplementares atendendo elementos da TVA (item 3).

Figura 2 – Integração de medidas de controle pluvial quali-quantitativo em arranjo SUDS



Fonte: Morales-Torres et al, 2016.

CARACTERÍSTICAS DE REDE DA TVA

O que distingue a TVA é o fato de ser uma rede. Isto é, uma composição de nós e segmentos de ligação ou corredores (arestas) que fazem

a comunicação entre nós (vértices). A centralidade e a conectividade são características que definem a rede e permitem prognósticos de funcionamento e perenidade. A teoria das redes tem aplicação em inúmeros problemas técnico-científicos e sociológicos. Por isso, há uma volumosa produção acadêmica e técnica à disposição. Metz et al. (2007) falam em propriedades como coeficiente de aglomeração (número de conjuntos de três vértices conectados), distribuição dos graus dos vértices (distribuição probabilística do número de arestas que conectam os vértices), resistência (capacidade de manter a sua funcionalidade após remoções de alguns vértices), multiplicidade de padrões (objetos diversos nos vértices e conexões diferenciadas) e correlação de graus (probabilidade de conexão dos vértices de diferentes graus e padrões). Quanto aos tipos de rede, Metz et al. (2007) apresentam três tipos principais: redes aleatórias, redes pequeno-mundo e redes livres de escala.

Não se vai aqui aprofundar o tema de rede, mas a sua teoria tem uma potencialidade evidente para abordar a trama verde-azul (TVA). Em pesquisas bibliográficas, o autor não encontrou muitos textos ligando a teoria de redes e TVA, mas um exemplo pode ser encontrado no trabalho de Kong et al. (2010).

A caracterização de uma TVA pela teoria das redes poderia conduzir a sua implantação com mais sucesso e resiliência, pois o controle das propriedades e como elas podem favoravelmente ser manejadas é um trunfo para influenciar o planejamento urbano. Muito se estuda sobre as “forças” que fazem expandir uma mancha de urbanização, e por que não fazer o mesmo com a TVA no tecido urbano? É um campo de pesquisa inexplorado. Os nós (vértices) das TVAs são espaços de concentração (estoque, aglomeração) onde há biodiversidade e/ou “sociodiversidade” com propriedades interativas internas físicas, biológicas e sociais. Nesse caso, as arestas (corredores, conexões) são cursos-d’água, corredores verdes propícios a trocas e fluxos de flora e fauna e sociais.

Possivelmente, ao explorar todos os elementos da TVA (vistos em itens acima) uma nova visão enquanto rede vai surgir, mas muita coisa ainda está por pesquisar (a TVA seria uma rede aleatória ou livre de



escala?). Também há de se descobrir como uma tal rede deve lidar com grandezas difusas (que não seguem exatamente corredores, como calor/frescor, umidade do ar, poluição difusa, entre outras).

Em síntese, abordar a TVA na sua essência de rede pode ajudar no seu desenho e implantação onde grandezas e variáveis até político-administrativas podem ser consideradas. Na atualidade, essa abordagem poderia se associar a uma forma de pensar da literatura definida pelo termo “metabolismo urbano”. Um exemplo é dado pelo projeto BRIDGE (CHRYSOULAKIS et al., 2013), que desenvolveu o tema de metabolismo urbano sustentável e sua ligação com as ciências biofísicas e de planejamento urbano.

PROBLEMAS ATUAIS DA TVA

Conceitualmente, a TVA está estabelecida, mesmo que haja muitas possibilidades de desenvolvimento metodológico para sua implantação. Justamente essa liberdade de estabelecer metodologias em TVA traz insegurança, por isso o site www.urbangreenbluegrids.com, da Holanda, alerta para os seguintes problemas no desenho de uma TVA:

- a. Desconsiderar demandas específicas da população ou fazer isso tarde demais;
- b. motivação administrativa insuficiente para desenvolvimento sustentável. Conflitos de interesses frequentemente fazem as partes voltarem para papéis e visões setoriais tradicionais;
- c. estruturas de cooperação sem suficiente bom funcionamento para realizar grandes ambições;
- d. quadro legal e regulatório que complica o trabalho de planejamento e implantação;
- e. falta de uma estratégia e visão clara, dificultando distinguir problemas principais de secundários;



- f. dificuldade de calcular o valor marginal e sinergia de medidas sustentáveis integradas;
- g. planejar medidas sem considerar operação e manutenção conduz a soluções impraticáveis.

Atualmente, há muito trabalho já feito em países desenvolvidos. Assim, se o leitor quiser saber sobre as experiências mais diversas em TVA, sugere-se procurar na internet relatos de países como Austrália, Escócia, Estados Unidos, França, Holanda, Inglaterra, Nova Zelândia. É impossível lembrar de todas as palavras-chave que serão úteis, mas não se deve esquecer de “urban”, “biodiversity”, “people”, “network”, “habitat”, “connection”, “green infrastructure”, “blue-green grid”, “urban ecology”, “urban planning” etc.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Procurou-se estabelecer contexto, diferenças e compartilhamentos entre o conceito de trama verde-azul (TVA) e drenagem urbana sustentável (DUS).

De acordo com o exposto, fica a ideia de que a TVA é de ampla escala espacial, multidisciplinar, mas nas menores escalas usa conceitos e soluções particulares das diversas disciplinas e, no caso específico da DUS, integram-se naturalmente soluções BMP, LID, SUDS, WSUDS e a escola da infraestrutura verde.

A TVA é uma abordagem de planejamento urbano. O lema dos que trabalham no planejamento urbano é pensar globalmente e agir localmente. Descobrir formas atraentes de integrar medidas diversas nas cidades, e assumir papéis diretos em sua implementação. Há crescente interesse em uma arquitetura e planejamento urbano sustentável. Telhados e fachadas verdes estão na moda, a água da chuva vê-se cada vez mais escoando controladamente sobre o solo, há um movimento impulsionando a agricultura urbana e implantam-se áreas residenciais

neutras em energia. Isso ainda está sendo desenvolvido sem uma visão geral e mostra que já há base para um novo planejamento tipo trama verde-azul. O que ainda falta é ter um panorama das possibilidades com uma avaliação crítica e construtiva de todas as medidas que assegure não sejam contraproducentes.

Ao contrário da DUS, ainda geralmente deixada na mão de engenheiros, a TVA tem o desafio de proporcionar a arquitetos, planejadores urbanos, gestores de recursos hídricos, ecologistas urbanos e aos demais envolvidos no desenho das cidades um melhor entendimento dos efeitos, possibilidades, e inter-relações entre as várias medidas de trama verde-azul, para assegurar que essas tramas se integrem nos desenhos urbanos de uma maneira que sejam, ao mesmo tempo, bonitas esteticamente e aceitáveis aos cidadãos.

A capacidade de armazenamento e purificação dos telhados verdes, “wetlands”, águas superficiais com margens verdes e áreas verdes urbanas em geral ajudam a melhorar o sistema das águas urbanas tanto em qualidade como em quantidade. Mais águas e verde nas áreas urbanas ajudam a incrementar a biodiversidade nas cidades e capturar material particulado; áreas verdes e superfícies de água têm menores temperaturas, reduzindo riscos de calor excessivo.

Havendo mais áreas verdes, há aumento substancial do efeito esponja nas cidades. Quanto maior a proporção de áreas verdes, mais forte é a capacidade de armazenamento: grupos de árvores e arbustos armazenam mais que gramados. Quanto maior a área foliar, significa que mais água evapora em parques arborizados e maior será o efeito de frescor comparado à grama.

Estudos já mostraram a efetividade de mais verde e mais água em áreas urbanas em termos de beleza, biodiversidade, amenização de estresse por calor, retenção de água e melhora da qualidade da água. Desenvolvimento verde-azul propicia biomassa para produção de energia e oportuniza produção de alimentos no interior das cidades. Recém se começou a identificar e embasar estas possibilidades: a natureza integral e sinergia das medidas possíveis, e seus efeitos mal começaram a ser estudados.

Aqui, temos uma missão para projetistas e outros envolvidos no planejamento. Eles precisam envolver a população já no processo de desenho para aumentar a aceitação de medidas como praças de água e wetlands urbanas. Outro fator é que áreas verdes e espelhos de água têm um papel importante e determinante como atrativo e como tal influenciam seu valor econômico.

Em síntese, pode-se afirmar que:

- a. A drenagem urbana sustentável é mais eficiente numa trama verde-azul; a rigor não existe drenagem urbana sustentável no conceito das Nações Unidas;
- b. as carências socioeconômicas tornam o desafio maior em termos de inovação, conexão entre atores e ousadia;
- c. um grande óbice é o arcaico arranjo institucional municipal brasileiro e a “praga do menor preço”, que bloqueiam novas medidas e favorecem o “mais do mesmo”;
- d. a TVA será mais eficiente com a solução dos problemas do lixo e esgoto;
- e. as medidas de drenagem urbana/manejo pluvial sustentável já são dominadas e podem ser implantadas para maior eficiência da TVA;
- f. a TVA enquanto rede pode explorar um “efeito dominó” positivo no enfrentamento com a rede cinza, com apoio da população;
- g. DUS e TVA não devem ser bandeiras ideológicas, apenas de bom planejamento urbano;
- h. já há uma experiência mundial, nos países desenvolvidos, de planejamento urbano explorando redes de biodiversidade e sociais, mas precisam ser analisadas e estudadas para para consolidar metodologias que deram certo.



REFERÊNCIAS

BIDONE, F. R.; TUCCI, C. E. M. Microdrenagem. In: TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L.; BARROS, M. T. (Orgs.). **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1995. p. 77-105.

CHRYSOULAKIS, N. et al. Sustainable urban metabolism as a link between bio-physical sciences and urban planning: the BRIDGE Project, **Landscape and Urban Planning**, 112, 100-117, 2013.

KONG, F.; YIN, H.; NAKAGOSHI, N.; ZONG, Y. Urban green space network development for biodiversity conservation: identification based on graph theory and gravity modeling, *Landscape and Urban Planning*, 2010. Disponível em: <www.elsevier.com/locate/landurbplan>. Acesso em: 15.out.2016

FLETCHER et al. SUDS, LID, BMPS, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. **Urban Water Journal**, v. 12, n. 7, p. 525-542, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/1573062x.2014.916314>>. Acesso em: 15.out.2016

MARQUES, D. M., SILVEIRA, A. L. L., GOLDENFUM, J. A., COLLISCHONN, W., Sistema de Avaliação de Águas Urbanas Pluviais e Fluviais: Relatório Final de Atividades – MAPLU-FINEP. 2009. 90 f.: il.

METZ, J.; CALVO, R.; SENO, E. R. M.; ROMERO, R. A. F.; ZHAO, L. **Redes Complexas: Conceitos e Aplicações**, Relatórios Técnicos do ICMC, São Carlos, n. 290, Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, 2007.



MORALES-TORRES et al., Decision support tool for energy-efficient, sustainable and integrated urban stormwater management. **Environmental Modelling & Software**, Elsevier, Amsterdam, Vol. 84, p. 518-528, 2016.

UNITED NATIONS CONFERENCE ON THE HUMAN ENVIRONMENT. Rio declaration on environment and development. Rio de Janeiro, Brazil: United Nations, 1992.

UNITED NATIONS GENERAL ASSEMBLY. Report of the world commission on environment and development: our common future. Oxford: Oxford University Press. P. 27. ISBN 019282080X, 1987.