



Metabolismo urbano como ferramenta de suporte à gestão da água nas cidades

Carlos de Oliveira Galvão

carlos.galvao@ufcg.edu.br

Universidade Federal de Campina Grande

Simone Danielle Aciole Moraes Marinho

aciole.simone@gmail.com

Universidade Federal de Campina Grande

Lívia Izabel Bezerra de Miranda

liviaibmiranda@gmail.com

Universidade Federal de Campina Grande

RESUMO

O planejamento de cidades considerando as questões hídricas ainda não é uma realidade evidente, embora necessária. Considerando que a “cidade sensível à água” minimiza a importação de água potável e exportação de águas residuárias, otimizando o seu uso dentro da área urbana, e tendo em vista que os eventos de secas e inundações são cada vez mais frequentes na vida urbana, é reforçada a necessidade de mudanças no padrão de gestão da água nas cidades. Uma forma de avaliar as urbes neste sentido é por meio do método do metabolismo urbano. Este método prevê a quantificação dos fluxos hídricos (naturais e antrópicos), perpassando pela gestão adaptativa, que pode englobar os aspectos físicos, sociais, políticos e culturais de uma cidade, buscando compreender o seu regime. A cidade de Campina Grande, na Paraíba, reflete a tendência de centralização do sistema de abastecimento de água em uma única fonte hídrica. Embora já tenha vivenciado crises no passado, esteja enfrentando outra de maior impacto atualmente (2012-2017), e certamente virá a enfrentar no futuro, as soluções apresentadas sempre perpassam pelas ações mitigadoras, em detrimento das adaptativas. A aplicação do método do metabolismo urbano para Campina Grande evidencia o seu potencial para a diversificação de suas fontes hídricas, no entanto a falta de sinergia na implementação das políticas de recursos hídricos, de saneamento, urbana, de saúde pública e de mudanças climáticas comprometem o melhoramento do seu desempenho.

Palavras-chave: metabolismo urbano, cidade sensível à água, gestão integrada de recursos hídricos.

INTRODUÇÃO



A questão da água nas cidades é crítica e cada vez mais atual, pelo crescimento dos aglomerados urbanos e sua complexidade, a diversificação de atividades que usam a água como insumo, as demandas do consumo humano, o envelhecimento da infraestrutura de disponibilização do recurso hídrico, dentre outros fatores. Os prognósticos de mudanças climáticas para várias partes do planeta, incluindo o Brasil, apontam para o aumento da frequência de extremos (secas e cheias) e das temperaturas, e para a redução da precipitação (IPCC, 2014). Em se concretizando, esse novo contexto climático gerará a necessidade de adaptação da sociedade e, inclusive, dos sistemas de gestão urbana e das águas.

As secas severas que Brasil e outros países têm experimentado no passado recente, se ainda não são evidências de mudanças climáticas, certamente são um exemplo possível de situações mais frequentes em um futuro não muito distante, dando origem à profunda preocupação sobre nossa capacidade de mitigar os impactos, reduzir vulnerabilidades e adaptar-se a um futuro sob um clima alterado.

A principal causa do impacto da atual seca brasileira, tanto nas cidades como na agricultura e energia, foi a falta de preparação e gerenciamento, medidas correlatas à adaptação. No caso das cidades, a solução, necessariamente, passa pela gestão adaptativa e integrada da demanda e da oferta de água de fontes convencionais e não convencionais, nas áreas urbana e periurbana, mas também na bacia hidrográfica; pela inovação tecnológica; pela efetiva participação pública nos processos de gestão; e, pelo aumento da capacidade político-institucional, não somente associada à política de recursos hídricos, mas também às políticas urbana, de saneamento ambiental, de mudanças climáticas, de saúde pública, de desastres naturais, de seca, entre outras, e seus respectivos instrumentos.

Um dos instrumentos comuns a todas essas políticas são os planos, que devem ser formulados com participação da sociedade e, depois, implementados, monitorados, avaliados e atualizados, em um processo dinâmico e contínuo. O não cumprimento desse processo tem sido comumente observado, assim como a desarticulação dos diversos planos e outros instrumentos setoriais para um planejamento integrado (e.g., SILVA, 2006; RUFINO *et al.*, 2012; ANELLI, 2015; RÊGO *et al.*, 2016). Sistemas de indicadores têm sido recomendados para dar suporte à tal processo e visa superar as suas deficiências, mas ainda apresentam desafios de implementação nos diversos níveis decisórios, gerenciais e de participação, assim como metodológicos, entre eles a seleção adequada de indicadores que contemplem a gestão integrada intersetorial (e.g., SCIENCE, 2015).



Este artigo apresenta o método do Metabolismo Urbano como uma alternativa para a superação desses desafios metodológicos no planejamento e na gestão urbana dos recursos hídricos, assumindo como meta a *Cidade Sensível à Água*.

O CONCEITO DE CIDADE SENSÍVEL À ÁGUA

O conceito de *Cidade Sensível à Água* (tradução livre de *Water Sensitive City*) pode ser expresso como:

A cidade sensível à água “minimiza a importação de água potável e a exportação de águas residuárias, de e para áreas externas aos limites urbanos, otimizando o uso dos recursos hídricos dentro da própria cidade.”

(WONG; BROWN, 2009)

Este conceito é integrador e se presta com excelência para estudar as atuais e também futuras crises hídricas que envolvem nossos centros urbanos. O planejamento urbano sensível aos recursos hídricos, de acordo com Wong (2006), tem os princípios fundamentais:

- ✓ Proteção aos sistemas naturais;
- ✓ Integração do tratamento de águas pluviais à paisagem;
- ✓ Proteção da qualidade da água;
- ✓ Redução do escoamento e pico de fluxo;
- ✓ Agregação de valor, minimizando os custos de desenvolvimento.

Através da aplicação destes princípios, grande parte dos problemas hídricos das cidades conseguiria ser sanada ou ao menos minimizada.

O METABOLISMO URBANO

O conceito de *Metabolismo Urbano* (MU), atribuído a Wolman (1965), é definido por Renouf *et al.* (2016) como a quantificação das características metabólicas de áreas urbanas, a partir da troca de recursos entre uma unidade urbana em particular e suas regiões de suporte. Assim, a avaliação do metabolismo pode guiar a gestão dos sistemas urbanos no sentido de maior eficiência metabólica. Uma área urbana eficiente metabolicamente em relação à água emularia os sistemas naturais pré-urbanização, fazendo ótimo uso das fontes hídricas internas,



reduzindo a produção de efluentes, reciclando água e os nutrientes e energia associados. O MU pode, portanto, ajudar a responder a seguinte pergunta: quão “sensível” a cidade – hoje e no futuro – é, teria podido e poderia ser ao uso e apropriação adequados dos recursos hídricos?

Operacionalmente, o MU calcula o balanço hídrico dos fluxos que entram e saem de uma área urbana como sendo seu metabolismo, gerando indicadores de desempenho. Esta abordagem, em comparação com o tradicional cotejo oferta-demanda, mede o desempenho do sistema urbano em relação ao uso da água, ou seja, às funções da água, em contraposição ao desempenho da infraestrutura de disponibilização dos recursos hídricos aos usos.

Particularmente interessante é a consideração das chamadas “regiões de suporte” e não apenas as áreas urbanas em si. Isto preenche uma lacuna usual em avaliação de recursos hídricos urbanos: a ligação entre a área urbana e as bacias hidrográficas onde elas estão assentadas e/ou de onde elas recebem água ou para onde despejam seus resíduos, incluindo os esgotos.

O MU deve incluir indicadores apropriados de desempenho hídrico que integrem os instrumentos de gerenciamento das políticas brasileiras associadas (recursos hídricos, saneamento, urbana, saúde pública, mudanças climáticas, e a recém-criada de secas, entre outras), à participação pública, ao consenso social e político da aceitação das estratégias de gestão adaptativa e à equidade ambiental. Cabe ressaltar a importância dos instrumentos legais de planejamento urbanístico, uma vez que eles estão intimamente relacionados à mediação e respaldo dos conflitos urbanos, assim como à promoção do bem-estar social. Alguns desses instrumentos que merecem atenção no contexto do MU são: o Estatuto das Cidades, os Planos Diretores, as Leis de Uso e Ocupação do Solo, assim como os Códigos de Obras.

A análise do MU, portanto, não deve se restringir aos indicadores de desempenho hídrico, mas implica necessariamente no entendimento dos fatores que lhe são determinantes, dentre os quais os regimes urbanos e os modelos de governança.

METABOLISMO URBANO COMO MÉTODO DE QUANTIFICAÇÃO DE FLUXOS

Para a quantificação dos fluxos metabólicos da cidade, destaca-se a metodologia proposta por Kenway et al. (2011), que formaliza um balanço de água urbana, através da



quantificação dos fluxos naturais e antrópicos para dentro e fora do ambiente urbano (Equação 1).

$$\Delta S = (S_{t_1} - S_{t_2}) = Q_i(t_1 - t_2) - Q_o(t_1 - t_2) \quad \text{Eq. 1}$$

Aqui, ΔS é a variação do armazenamento de água dentro do limite do sistema urbano, medida como a diferença entre a água armazenada dentro do sistema (S) em dois momentos t_1 e t_2 , S_{t_1} e S_{t_2} . É importante notar que ΔS também é igual à diferença no volume total de entradas (Q_i) e saídas (Q_o) no sistema, $Q_i(t_1 - t_2)$ e $Q_o(t_1 - t_2)$, em relação ao mesmo intervalo de tempo. Estas diferenças são melhor representadas pela Equação 2, desenvolvida por Kenway et al. (2011).

$$\Delta S = C + D + P - (W + R_s + G + ET) \quad \text{Eq. 2}$$

Nesta equação, C representa os fluxos centralizados ou água importada para a área urbana, tais como água superficial, subterrânea ou de dessalinização; D representa os fluxos descentralizados, como fontes subterrâneas (D_G) e água de chuva (D_R); P representa a precipitação, incluindo chuva, neve e orvalho; W é a descarga de águas residuárias; R_s são as águas pluviais; G os fluxos subterrâneos e ET a evapotranspiração.

EXEMPLO DE APLICAÇÃO: CAMPINA GRANDE

Campina Grande, localizada no estado da Paraíba, apresenta uma situação de grande vulnerabilidade dos recursos hídricos e é representativa de outras cidades de médio porte do Semiárido Brasileiro (SAB). Tem 400 mil habitantes e é um polo comercial, cultural e educacional na região. Hidrologicamente está localizada próxima ao divisor norte da bacia do rio Paraíba, é abastecida pelo reservatório Boqueirão/Epitácio Pessoa, a 40 km da área urbana, mas seus efluentes do esgotamento sanitário, parcialmente tratado, e da drenagem urbana, impactam trechos mais longos dos rios e outros corpos hídricos da bacia (Figura 1).

Muitas cidades no SAB, como Campina Grande, foram historicamente localizadas em rotas comerciais e não necessariamente nas margens de corpos hídricos, como os rios ou açudes. Os rios, como se sabe, são intermitentes na região e, assim, não foram particularmente atraentes ou um imperativo para o estabelecimento das urbes. A principal infraestrutura hídrica da região – os grandes reservatórios – foram construídos durante o século XX, depois do estabelecimento das cidades. Portanto, é bastante usual que o abastecimento de água de



idades de porte médio na região seja realizado de mananciais relativamente distantes ou até mesmo de outras bacias.

A cidade passou por uma escassez severa entre 1997-2003, está passando por outra ainda maior desde 2012 e os prognósticos correntes sobre o clima futuro são de aumento na frequência de extremos (MARENGO *et al.*, 2016). Na atual crise, o açude Boqueirão teve seu armazenamento reduzido ao longo dos últimos seis anos de seca. Uma das mais conhecidas obras de expansão de oferta hídrica do país tem sido vista pela mídia e pela sociedade como a solução para o problema, não apenas do referido açude, mas de toda a situação hídrica do Nordeste. As águas da transposição do Rio São Francisco atingiram o espelho d'água do açude Boqueirão no dia 18 de abril de 2017, evitando o colapso total do abastecimento de água da cidade e regiões vizinhas.

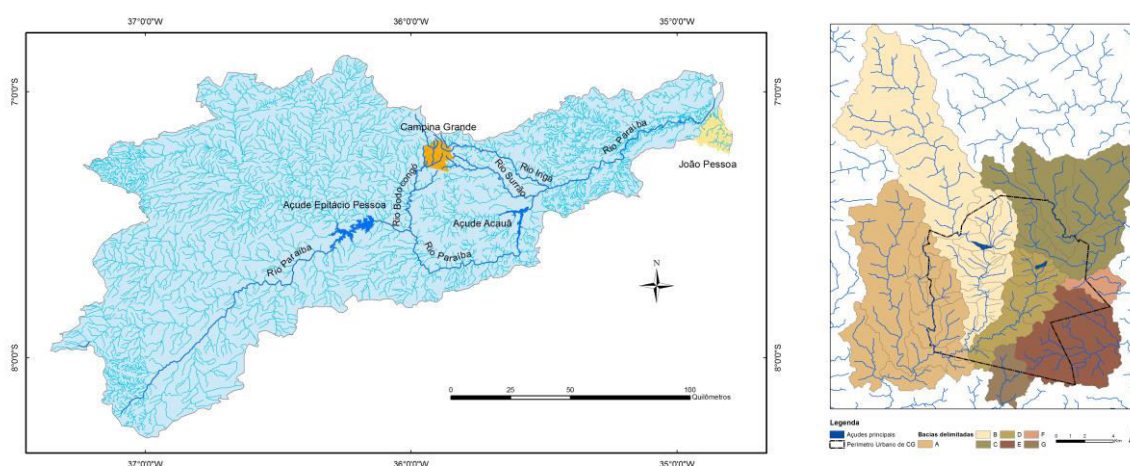


Figura 1. Bacia do rio Paraíba, Açudes Epitácio Pessoa e Acauã, Campina Grande e rede hidrográfica sob a influência de sua drenagem urbana (esquerda); bacias hidrográficas na área urbana de Campina Grande (direita), (TSUYUGUCHI, 2015).

As causas dessas crises são as grandes deficiências na aplicação dos instrumentos de gerenciamento dos recursos hídricos e as muito baixas eficiências do uso da água pelos usuários finais, do sistema de distribuição urbano e do de irrigação. Há um conjunto de condições culturais, tecnológicas, gerenciais e institucionais que caracterizam o contexto, entre as quais podem ser citadas: o padrão de uso da água na área urbana não é compatível com a localização da cidade em uma região semiárida; as medidas de gerenciamento da demanda são uma exceção, assim como o uso de água de fontes alternativas, tais como água de chuva e reúso de efluentes; a outorga, concedida à concessionária do serviço de abastecimento, considera toda a cidade como único usuário e não inclui a eficiência no uso



como um critério para o valor concedido; e a falta de sinergia na implementação das políticas de recursos hídricos, de saneamento, urbana, de saúde pública e de mudanças climáticas. A “necessidade” de uso das águas do São Francisco para evitar o colapso hídrico de Campina Grande demonstra, portanto, o fracasso da implementação adequada do sistema de gerenciamento de recursos hídricos.

O METABOLISMO URBANO DE CAMPINA GRANDE

Uma primeira aproximação dos fluxos de oferta e demanda de água, fontes e usos atuais e potenciais, para a cidade, está apresentada na Figura 2, na perspectiva do MU.

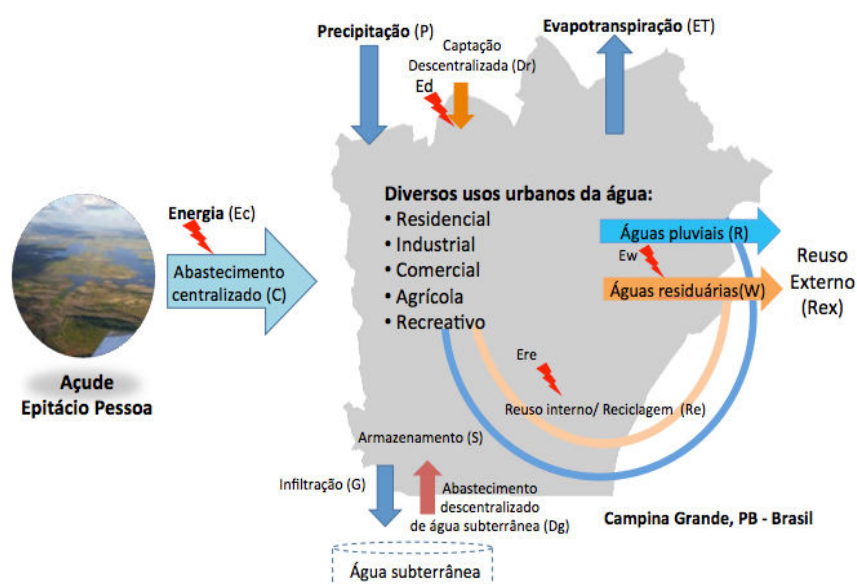
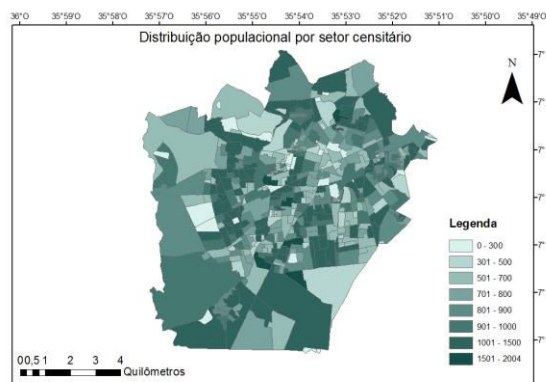


Figura 2. Fluxos hídricos no metabolismo urbano de Campina Grande.

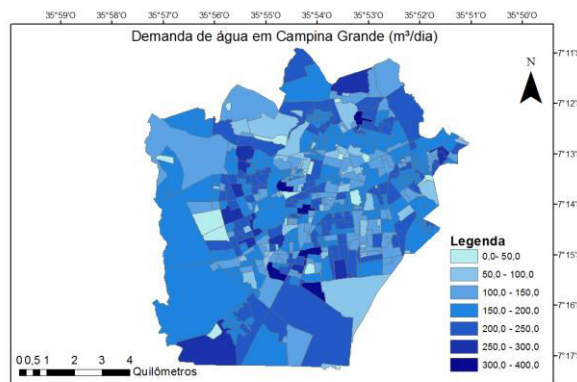
Na Figura 3 são apresentadas algumas das informações utilizadas na análise do MU de Campina Grande, distribuídas espacialmente por setores censitários: distribuição populacional (3a), estimativa da demanda por água (3b), centralização do sistema de abastecimento (3c), poços e cisternas (3d), potencial de substituição do sistema centralizado (3e) e o balanço hídrico (3f).

(a)

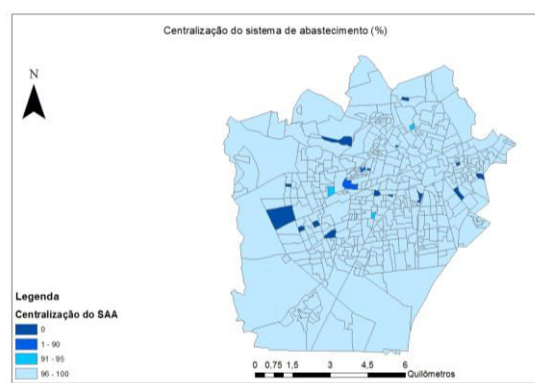
(b)



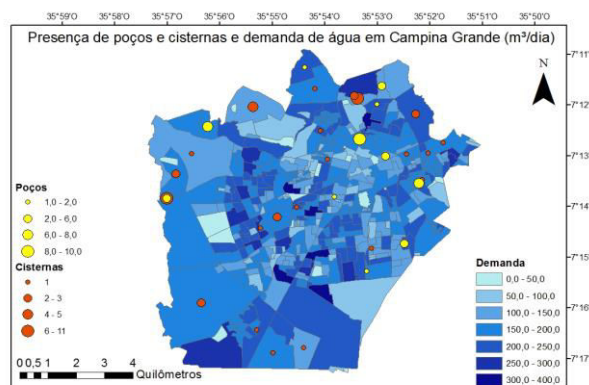
(c)



(d)



(e)



(f)

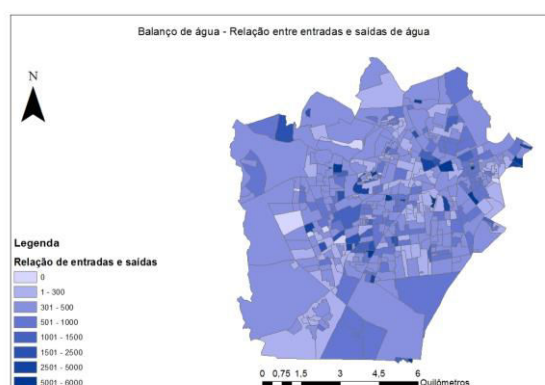
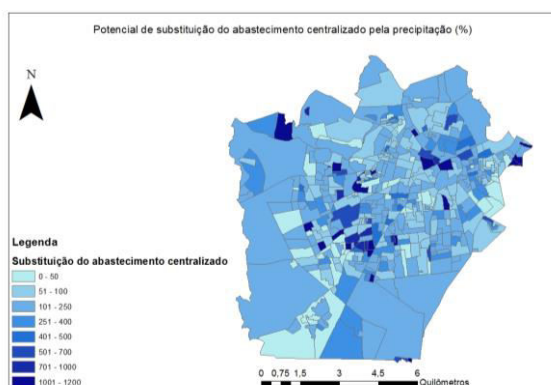


Figura 3. Exemplos ilustrativos de variáveis consideradas no metabolismo urbano de Campina Grande.

As primeiras análises do MU permitem observar o potencial apresentado pela cidade para diversificação de suas fontes hídricas. O seu abastecimento é fortemente centralizado no açude de Boqueirão. Não existem outras fontes centralizadas para o abastecimento da cidade. O balanço hídrico apresentado na Figura 3f evidencia que, em princípio, Campina Grande apresenta elevado potencial para otimização do uso da água na área urbana.



Na Figura 4 são apresentados alguns dos principais consumidores de água da cidade e a situação de verticalização habitacional. Esses consumidores apresentam particular interesse em potencial intervenção para torná-los mais eficientes metabolicamente. Essa eficiência pode ser aumentada pela adoção de sistemas descentralizados de abastecimento de água e tratamento de resíduos ou pela redução da demanda.

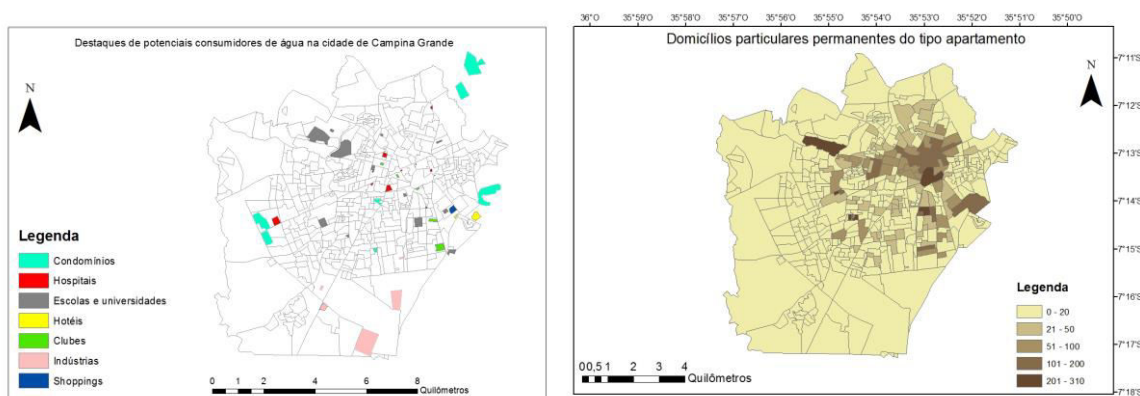


Figura 4. Principais consumidores de água e domicílios particulares permanentes tipo apartamento (Censo de 2010) na cidade de Campina Grande

Condomínios habitacionais

Uma nova tendência urbana de Campina Grande tem sido a construção de condomínios horizontais e verticais para as classes alta e média alta, replicando hábitos de muitas cidades brasileiras. Muitas unidades do Programa Minha Casa Minha Vida, horizontais e verticais, também foram construídas na cidade. É notório que estas novas tendências urbanas geram muita pressão sobre a infraestrutura da cidade. No que diz respeito aos recursos hídricos, estes modelos de habitação demandam alterações na rede de abastecimento, não só devido à grande concentração de usuários em um único lote (no caso da verticalização), como também devido à necessidade de ampliação desta rede (no caso dos condomínios horizontais, que muitas vezes são instalados nas áreas periurbanas).

Na medida em que estas novas instalações, isoladamente, passarem a contribuir para a redução da demanda por fontes centralizadas, e se tornarem mais autossustentáveis em relação à água, a pressão sobre o sistema será reduzida. Isto pode ser realizado, por exemplo, através de coleta de águas pluviais, reúso de águas residuárias e captação de água subterrânea (quando possível).



Cabe aqui mencionar que o Código de Obras da cidade estabelece diretrizes projetuais de economia de água para a liberação de licença para construção. Dentre outras exigências, o seu Artigo 20 estabelece que sejam apresentados:

II – projeto de estimativa de consumo d’água por dia, para construções residenciais acima de 61m² de área construída;

III – projeto de arquitetura de estação para tratamento d’água com sistema de reaproveitamento da água utilizada, quando o consumo de água for acima de 50.000 litros/dia. (CAMPINA GRANDE, 2003. p.6)

No entanto, apesar de ser uma obrigação legal, devido à ausência de fiscalização por parte do órgão competente, as novas obras da cidade são aprovadas sem o cumprimento da lei. Isto evidencia a carência que a cidade apresenta não apenas em relação ao cumprimento legislativo e às questões de fiscalização, mas, sobretudo, em relação à preocupação com os recursos hídricos. Apesar de apresentar alta vulnerabilidade a eventos extremos de seca, Campina Grande, de modo geral, possui hábitos incompatíveis com a sua realidade.

Setor público

O setor público, representado pelos hospitais, escolas, universidades e serviços, é notoriamente grande consumidor e sujeito a desperdício de água. Isto ocorre porque neste setor existem muitos consumidores de água, assim como instalações prediais hidráulicas e sanitárias que apresentam patologias e carência de manutenção, e o seu usuário não é responsável pelo pagamento da conta de água. Medidas de gerenciamento de demanda da água neste setor são evidentemente necessárias para a contribuição da eficiência metabólica urbana.

Os estudos de Guedes (2009) e Soares (2012) evidenciam o potencial de economia de água no setor público da cidade. O primeiro estudo, aplicado no Hospital Universitário Alcides Carneiro, evidenciou potencial de redução de consumo de água em torno de 25% através da substituição dos aparelhos hidráulicos convencionais por aparelhos poupadores. O segundo estudo constatou a falta de sensibilidade por parte do usuário em relação à conservação da água, além de evidenciar potencial de redução de 50% do consumo a partir da adoção de aparelhos poupadores, e de até 32% com a adoção de captação de água de chuva, estudando o campus sede da Universidade Federal de Campina Grande.

Águas subterrâneas e captação de água de chuva



Durante esta última crise hídrica, várias captações descentralizadas de águas subterrâneas foram realizadas, representadas por 17 poços que possuem outorga, registrados pela AESA (2016), além de um número grande de poços não registrados. Em decorrência do embasamento cristalino, as águas subterrâneas na cidade apresentam em geral alta salinidade e têm alta incerteza na garantia do fornecimento. Mas surgiram como potencial alternativa para usos que aceitem essas características.

Existe também uma cultura antiga de aproveitamento residencial de água de chuva, recuperada durante a atual crise hídrica. O potencial de aproveitamento de água de chuva na cidade (Figura 3e) foi quantificado por Souza (2015), que verificou em suas simulações para a implantação de cisternas em residências unifamiliares, que este valor varia de 0,66% a 11,36% de redução anual de captação das águas superficiais de Boqueirão, a depender do tipo de cisterna empregado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O exemplo apresentado é representativo de cidades de mesma tipologia urbana, inseridas na região semiárida e suscetíveis a eventos extremos e evidencia a forte dependência de sistemas centralizados de abastecimento de água, característica da maioria das cidades do mundo. De posse do conhecimento dos fluxos hídricos de uma área urbana, e dos instrumentos de planejamento que a norteiam, a gestão com vistas à otimização do aproveitamento da água em seu máximo potencial se torna mais eficiente.

É evidente que esta otimização não se dá de maneira simples nas cidades, já consolidadas, que nem sempre dispõem de espaços livres para a implantação de novos sistemas, sejam de captação de água de chuva, de tratamento de águas residuárias, etc. Até mesmo sistemas descentralizados, ou seja, aqueles que acontecem na escala predial, seja individual ou coletiva, apresentam restrições para a implementação de mudanças nos seus sistemas hidráulicos, seja pela questão de custos, pelas limitações projetuais, ou mesmo pela resistência dos usuários.

Na perspectiva do regime urbano, existem muitas questões associadas para a compreensão do comportamento da cidade, tais como a sua história, as forças sociais, políticas e culturais. Analisando a cidade como um organismo, conceito central do UM, e de posse do conhecimento dos fluxos de entrada e saída, compreender o seu regime dá espaço para a gestão adaptativa. O exemplo apresentado evidencia esta necessidade:



hidrológicamente a cidade tem potencial para diversificar suas fontes hídricas, mas o seu atual regime urbano, que perpassa os âmbitos político, social e cultural, ainda contempla uma gestão hídrica ineficaz.

Os conceitos de cidades sensíveis à água e de metabolismo urbano parecem poder fornecer meios para avaliar as cidades – e suas bacias – com rigor teórico, conceitual e ferramental, como também podem ser aplicáveis com relativa facilidade pelos órgãos gestores urbanos, do saneamento e dos recursos hídricos, assim como interessados da sociedade civil. O objetivo de ter-se um gerenciamento integrado e adaptável de recursos hídricos poderá, provavelmente, ser aferido através desses conceitos, sob condições atuais e cenários futuros. Espera-se também que eles possam estimular a gestão participativa e o aprendizado social.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte da CAPES, CNPq e FINEP, dos Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia Observatório das Metrôpoles e Mudanças Climáticas, do Projeto Bramar/FINEP e da Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais (Convênio FINEP/Rede CLIMA 01.13.0353-00).

REFERÊNCIAS

AESA – AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DE ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA (2016). **Usuários Outorgados no Município de Campina Grande**. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/consultas/listaUsuarios>>. Acesso em Abril de 2017.

ANELLI, R.L.S. Uma nova cidade para as águas urbanas. **Estudos Avançados**, v. 29, n. 84, p. 69-84, 2015.

CAMPINA GRANDE. **Lei Nº 4130, de 07 de agosto de 2003**. Código de obras - dispõe sobre o disciplinamento geral e específico, dos projetos e execuções de obras e instalações de natureza técnica, estrutural e funcional de Campina Grande e dá outras providências.

GUEDES, M. J. F. **Gerenciamento da demanda de água: proposta de alternativas na escala de uma cidade**. Dissertação (mestrado). Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil e Ambiental. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2009.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em Fevereiro de 2017.



IPCC. **Climate Change 2014—Impacts, Adaptation and Vulnerability: Regional Aspects**. Cambridge University Press, 2014.

KENWAY, S., GREGORY, A. & MCMAHON, J. (2011). **Urban Water Mass Balance Analysis**. Journal Of Industrial Ecology, 15, 693-706.

MARENGO, J.A.; TORRES, R.R.; ALVES, L.M. Drought in Northeast Brazil — past, present, and future. **Theoretical and Applied Climatology**, p. 1-12, 2016.

RENOULF, M.; KENWAY, S.; SERRAO-NEUMANN, S.; CHOY, D.L. **Urban metabolism for planning water sensitive cities**; Concept for an urban water metabolism evaluation framework. Clayton, Cooperative Research Centre for Water Sensitive Cities, 2016.

RÊGO, J.C.; GALVÃO, C.O.; RIBEIRO, M.M.R.; ALBUQUERQUE, J.P.T.; PEDROSA, R.N. **O agravamento da crise hídrica no Açude Boqueirão: riscos quali-quantitativos e de saúde pública**. In: Anais XIII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2016 (submetido).

RUFINO, I.A.A.; GALVÃO, C.O.; SRINIVASAN, V.S.; RÊGO, J.C.; ALBUQUERQUE, J.P.T. Water-sensitive urban planning: a simulation approach for a coastal plain in Brazil. In: Valença, M.M.; Cravidão, F.; Fernandes, J.A.R. (Org.). **Urban Developments in Brazil and Portugal**. Hauppauge, Nova Science Publishers, 2012.

SCIENCE FOR ENVIRONMENT POLICY. **Indicators for sustainable cities. In-depth Report 12**. Produced for the European Commission DG Environment by the Science Communication Unit, UWE, Bristol, 2015.

SILVA, S.R. **A integração entre os níveis de planejamento de recursos hídricos estudo de caso: a bacia hidrográfica do rio São Francisco**. Tese de Doutorado, UFPE, 2006.

SOARES, A. L. F. **Gerenciamento da Demanda de Água em Ambientes de Uso Público: O Caso da Universidade Federal de Campina Grande**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal de Campina Grande, 2012, Campina Grande.

SOUZA, T. J. **Potencial de aproveitamento de água de chuva no meio urbano: o caso de Campina Grande – PB**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande, 2015.



TSUYUGUCHI, B.B. **Macro drenagem e ocupação do solo no município de Campina Grande**: caracterização, simulação e análises sistêmicas. Diss. de Mestrado, UFCG, 2015.

WOLMAN, A. The Metabolism Of Cities. **Scientific American**, 213, 179-190, 1965.

WONG, T.H.F.; BROWN, R.R. The water sensitive city: principles for practice. **Water Science and Technology**, 60(3), 673-682, 2009.

WONG, T. H. F. **An Overview of Water Sensitive Urban Design Practices in Australia**. *Water Practice & Technology*. v. 1, n° 1. 2006.