

Alternativas de Gerenciamento da Demanda de Água na Escala de uma Cidade

Maria Josicleide Felipe Guedes¹, Márcia Maria Rios Ribeiro², Zédna Mara de Castro Lucena Vieira³
mjosicleide@yahoo.com.br; marcia.ribeiro@ufcg.edu.br; zedvieira@globlo.com

Recebido: 23/04/12 - revisado: 17/05/12 - aceito: 03/02/14

RESUMO

Para fazer frente às pressões exercidas pelas áreas urbanas sobre os recursos hídricos disponíveis, há crescente ênfase à gestão da demanda urbana de água, principalmente em regiões áridas e semiáridas. No Estado da Paraíba, o caso da cidade de Campina Grande merece destaque, especialmente pela passada crise no seu sistema de abastecimento (1997-2003) e a atual perspectiva de uma nova crise (2012-2014). Considerando que a maior demanda de água da cidade é o abastecimento doméstico, este artigo apresenta cenários de simulação, referentes à adoção de medidas tecnológicas de gestão da demanda urbana de água, objetivando fornecer subsídios para a elaboração de um possível programa de uso racional da água para os consumidores residenciais de Campina Grande - PB. A análise dos resultados indica a viabilidade ambiental da adoção dessas medidas (redução do consumo de água de até 33,64%). Quanto ao aspecto da viabilidade econômica, alguns cenários são muito atrativos, mas há aqueles apresentando um maior período de retorno dos investimentos. Para os cenários menos atrativos economicamente, enfatiza-se o papel do Poder Público no sentido de oferecer incentivos financeiros à população, induzindo-a ao uso racional da água e evitando novas crises no abastecimento de água da cidade.

Palavras-Chave: *Aparelhos hidrossanitários poupadores, medição individualizada em edifícios, uso racional da água.*

INTRODUÇÃO

A demanda urbana de água vem crescendo rapidamente, na medida do aumento populacional e da alta taxa de urbanização verificada em todo o mundo; por outro lado, a limitação dos recursos hídricos disponíveis faz aumentar a competição entre usos da água e reduz o acesso à água de boa qualidade, tornando o abastecimento urbano um grande desafio para a gestão de recursos hídricos (SHARMA; VAIRAVAMOORTHY, 2009).

Tradicionalmente, a resposta aos problemas resultantes dos desequilíbrios entre oferta e demanda urbana de água tem se constituído em ações para expansão da oferta hídrica, traduzindo-se na construção de grandes obras hidráulicas. No entanto, esgotada grande parte das possibilidades deste modelo, dados os elevados custos econômicos, ambientais e sociais da captação de água em mananciais cada vez mais distantes (HESPANHOL,

2008), surge a necessidade de um modelo de gestão hídrica que, mais coerente com os preceitos da sustentabilidade da bacia hidrográfica, propicie o uso racional da água disponível, através de medidas de gerenciamento da demanda. Assim, há uma crescente ênfase na gestão da demanda urbana de água a qual se refere a qualquer ação, socialmente benéfica, que reduz ou modifica a demanda/consumo de água, representando a forma mais econômica de ampliar a disponibilidade hídrica (BUTLER; MEMON, 2006). A valorização das ações de gestão sobre a demanda de água é, inclusive, um dos importantes elementos do Plano Nacional de Recursos Hídricos (MMA, 2006).

A necessidade da gestão da demanda urbana de água fica ainda mais patente em centros urbanos de regiões áridas/semiáridas de países em desenvolvimento (caso de grande parte do Nordeste brasileiro), onde as condições climáticas, aliadas a sistemas de abastecimento obsoletos e à inadequação ou ausência da gestão de recursos hídricos, determinam o surgimento de graves problemas de abastecimento de água, dificultando o atendimento das demandas quantitativas e qualitativas da população (FIGUERES, 2005; RÊGO *et al.*, 2013). Neste contexto, pode ser destacada a situação do Estado da Paraíba – que tem 90,7% do seu território incluídos no Polígono das Secas e, desta forma, caracte-

¹ Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA

² Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental – Universidade Federal de Campina Grande

³ Programa Nacional de Pós-Doutorado PNPd/CAPES - UFCG

rizado por alta variabilidade interanual e espacial das precipitações, secas periódicas, expressivas taxas anuais de evaporação e cursos d'água intermitentes (ADENE, 2007).

Dentro desta realidade, destaca-se o caso da cidade de Campina Grande, segunda maior cidade paraibana e importante polo educacional, industrial e tecnológico do Estado, cuja história já vivenciou crise em seu sistema de abastecimento de água. A crise ocorrida entre os anos de 1997 e 2003 se deu quando prolongada seca afetou a região Nordeste do Brasil e o Açude Público Epitácio Pessoa, responsável pelo abastecimento de Campina Grande e outras cidades do Compartimento da Borborema, atingiu o mais baixo nível de sua história (15% da capacidade máxima de armazenamento), submetendo mais de 500.000 pessoas a severo racionamento de água, por um período superior a dois anos (RÊGO *et al.*, 2000), e trazendo consequências negativas para o desenvolvimento econômico das cidades afetadas (VIEIRA, 2008).

Os fatores que contribuíram para o agravamento da crise 1997-2003 – entre eles, o uso indiscriminado das águas do manancial e altas taxas de perdas físicas na rede de abastecimento – permitiram constatar a ausência de efetiva gestão de recursos hídricos (RÊGO *et al.*, 2000; GALVÃO *et al.*, 2001). Esses fatores são os mesmos que, nas atuais circunstâncias (novo período de estiagem no semiárido brasileiro a partir de 2012), podem provocar uma nova crise no sistema de abastecimento de água da cidade de Campina Grande (RÊGO *et al.*, 2012; RÊGO *et al.*, 2013). Constatando-se que a maior demanda de água da cidade é o abastecimento doméstico, este artigo, com base em pesquisa realizada nos anos de 2007 e 2008, apresenta cenários de simulação, referentes à adoção de medidas tecnológicas de gestão da demanda urbana de água, objetivando fornecer subsídios, aos gestores municipais, na elaboração de um possível programa de uso racional da água para os consumidores residenciais de Campina Grande. O atual trabalho amplia a pesquisa de Albuquerque *et al.* (2008) no qual se analisou a implantação hipotética de alternativas tecnológicas de gerenciamento da demanda de água, apenas, para um bairro da cidade de Campina Grande.

GESTÃO DAS ÁGUAS URBANAS

A gestão das águas em áreas urbanas exige uma estreita relação entre a gestão de recursos hídricos (referente às atividades de aproveitamento,

conservação, proteção e recuperação da água bruta, em quantidade e qualidade adequadas aos usos exigidos) e a gestão de saneamento ambiental (referente aos serviços de abastecimento de água potável, coleta e tratamento de esgotos, drenagem pluvial e disposição de resíduos sólidos), uma vez que o uso primordial dos recursos hídricos é o abastecimento dos núcleos urbanos. Assim, a sustentabilidade da gestão das águas urbanas depende igualmente da conservação dos recursos hídricos e da melhoria da qualidade dos serviços de saneamento ambiental, e é neste sentido que a gestão da demanda urbana de água pode exercer um importante papel, visto contemplar medidas que permitem reduzir a demanda de água, melhorar a eficiência do seu uso e evitar a deterioração dos recursos hídricos (ESTEVAN, 1999).

As medidas de gestão da demanda, de acordo com Sharma e Vairavamorthy (2009) e Ribeiro e Braga (2008), podem ser agrupadas nas seguintes categorias:

- Tecnológicas, incluindo o controle de perdas e ligações clandestinas nas redes de distribuição de água, com micro e macromedicação e/ou sistemas automatizados de monitoramento das redes; o uso de aparelhos hidrossanitários; a medição individualizada do consumo de água, inclusive em condomínios verticais; e o uso de fontes alternativas de abastecimento, como água de chuva ou de reuso; entre outras;
- Econômicas e financeiras, abrangendo estímulos fiscais para redução de consumo e adoção de novos instrumentos tecnológicos; tarifação que estimule o uso eficiente, sem penalizar os usuários mais frágeis, economicamente; estímulo ou penalização financeira que induza o aumento da eficiência da concessionária de serviços de abastecimento público; cobrança pelo uso da água bruta; entre outros; e
- Sociopolíticas, que incluem ações regulatórias/institucionais (legislação que induza o uso racional da água; regulamentação de novos sistemas construtivos e de instalações prediais; entre outras) e ações educacionais (incorporação da questão hídrica nos currículos escolares; programas de educação ambiental; campanhas de esclarecimento; entre outros).

A seleção da(s) categoria(s) de medidas de gestão da demanda urbana de água depende das características geográficas, climáticas, econômicas e culturais de cada local ou região (FAO, 2001). No entanto, as ações econômicas e educacionais, quando adotadas isoladamente, nem sempre trazem os benefícios esperados, de modo que vários autores (TOMAZ, 2001; OLIVEIRA, 1999; entre outros) consideram que, na maioria dos casos, as ações tecnológicas (acompanhadas ou não de ações das outras categorias), por não exigirem mudanças drásticas nos hábitos dos usuários, podem ser mais eficientes. Tal consideração é amparada pelos resultados de iniciativas de gestão da demanda urbana de água, levadas a efeito em diversas cidades, como Waterloo, no Canadá (Regional Municipality of Waterloo, 2006); New York/NY, Goleta/CA, Ashland/OR e Gallitzin/PA (EPA, 2004) e Seattle/WA (City of Seattle, 2001), nos Estados Unidos; Recife/PE, no Brasil (COELHO; MAYNARD, 1999).

CASO DE ESTUDO: CAMPINA GRANDE-PB

Campina Grande é a segunda maior cidade do Estado da Paraíba, tanto no aspecto demográfico quanto no econômico, e a maior cidade do interior do Nordeste brasileiro. Possui população urbana de 371.060 habitantes (taxa de urbanização do município: 95,3%), ocupa área de 594,179 km², tem altitude média de 551 m, e dista 120 km da capital, João Pessoa (IBGE, 2010).

A cidade está localizada na Bacia Hidrográfica do rio Paraíba (Região do Médio Curso), nas proximidades do divisor da bacia, não sendo banhada pelo rio principal nem por qualquer dos seus maiores afluentes; a localização geográfica é um dos fatores complicadores do seu abastecimento de água (RÊGO *et al.*, 2012). Assim, no decorrer de sua história, Campina Grande enfrentou diversas crises no seu sistema de abastecimento de água. Após inúmeras tentativas para resolver o problema, as quais logo se revelavam insuficientes, em 1957 foi inaugurado o Açude Público Eptácio Pessoa, localizado no município de Boqueirão (Região do Alto Curso do Paraíba), com o objetivo principal de suprir o abastecimento de água de Campina Grande e outras cidades do Compartimento da Borborema. A capacidade máxima de armazenamento do reservatório, atualmente, é de 411,7 hm³, com uma vazão regularizada de 1,23 m³/s e garantia de 100% para o abastecimento humano (AES, 2008).

O serviço de abastecimento de água é prestado pela Companhia de Água e Esgotos da Paraíba – CAGEPA, a qual faz a captação de água bruta no reservatório Eptácio Pessoa. Através de um sistema de adutoras, a água é recalçada à Estação de Tratamento de Gravatá, onde recebe tratamento físico-químico para a distribuição às populações consumidoras. Da estação de tratamento, a água tratada é aduzida – através de três adutoras, com diâmetros de 500, 700 e 800 mm, e 40 km de extensão (estando em construção uma quarta adutora) – até Campina Grande, sendo armazenada em 29 reservatórios, de acordo com as zonas de pressão dos 540 km da rede de distribuição de água da cidade (LINS, 2010).

Para abastecer a população campinense, são produzidos, em média, 2,52 hm³/mês (≈ 1 m³/s) de água tratada, conforme a macromedição da água proveniente da estação de tratamento; no entanto, na rede de distribuição da cidade de Campina Grande, as perdas físicas equivalem ao alto valor de 49,80% do volume macromedido de água tratada, conforme relatórios cedidos pela CAGEPA (VIEIRA, 2008).

A quantidade de hidrômetros (economias) ativos, na categoria residencial, é de 99.425 unidades (CAGEPA, 2008a), sendo considerada, neste trabalho, como equivalente ao número de residências da cidade de Campina Grande. Deste total, 13.600 unidades são apartamentos residenciais (IBGE, 2000).

A distribuição do consumo mensal de água na cidade de Campina Grande (CAGEPA, 2008a), por categoria de uso, indica que o setor residencial responde por 80,69% do consumo total de água (Figura 1).

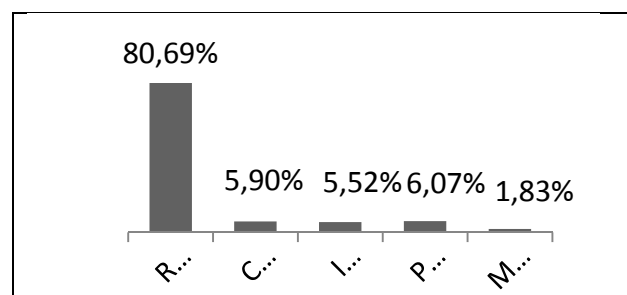


Figura 1 – Distribuição do consumo de água, por categoria de uso, para a cidade de Campina Grande no ano de 2007.

Fonte: CAGEPA (2007)

Quando são consideradas as faixas de consumo residencial de água, os maiores valores dizem respeito às faixas de 6-10 m³/mês (27,48%), de 11-20 m³/mês (36,94%) e de 21-30 m³/mês (13,45%), as quais, em conjunto, são responsáveis por 77,87% do consumo total de água (Figura 2).

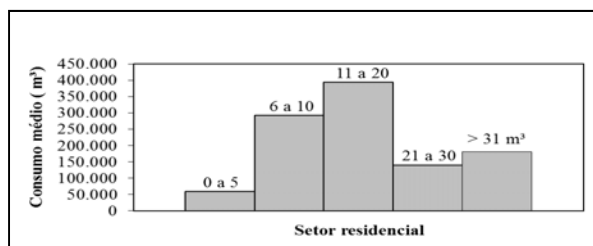


Figura 2 – Consumo médio mensal para a categoria residencial, para a cidade de Campina Grande no ano de 2007.

Fonte: CAGEPA (2007).

A estrutura tarifária da CAGEPA (2008b), para consumidores residenciais, é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Estrutura tarifária da CAGEPA, para a categoria residencial.

Faixas de Consumo Mensal	Tarifa (R\$)			
	Água	Esgoto	A + E	%E
TARIFA SOCIAL				
Até 10 m ³	10,56	2,64	13,20	25
TARIFA NORMAL				
MÍNIMA (fixa, até 10 m ³)	17,90	14,32	32,22	80
11 a 20 m ³ (p/m ³)	2,31	1,85	-	80
21 a 30 m ³ (p/m ³)	3,05	2,74	-	90
Acima de 30 m ³	4,14	4,14	-	100

Fonte: CAGEPA (2008b).

Obs.: A + E, valor da soma das tarifas de água e esgoto; %E, percentual da tarifa de água referente à tarifa de esgoto.

Este modelo considera uma Tarifa Social (que beneficia os consumidores com renda mensal de até 1 salário mínimo, cujo consumo não ultrapasse 10 m³/mês) e uma Tarifa Normal, aplicada aos consumidores com renda mensal superior a 1 salário mínimo, onde é fixada a tarifa mínima, para consumo inferior ou igual a 10 m³/mês, e são adotados valores diferenciados para as demais faixas de consumo, a serem adicionados à tarifa mínima. A tarifa referente ao esgoto corresponde a um percentual, entre 80 e 100%, da tarifa de água; no caso

dos consumidores de baixa renda, a tarifa de esgoto corresponde a 25% do valor pago pela água. Verifica-se, no entanto, que há uma penalização para os consumidores, de baixa renda ou não, com consumo mensal inferior a 10 m³, visto que o valor a ser pago é fixo (muito embora os relatórios mensais de consumo, elaborados pela CAGEPA, contenham os dados relativos à faixa de consumo de 0-5 m³/mês).

Outro aspecto importante diz respeito ao volume captado no reservatório Epitácio Pessoa: quando são contabilizadas as retiradas para o abastecimento de Campina Grande e outras cidades e para a irrigação, o total (2,45 m³/s, dado de maio de 2013) ultrapassa a vazão regularizável do reservatório, com garantia de 100% (RÊGO et al., 2013). Isto torna ainda mais necessária a adoção de medidas de gestão da demanda urbana de água, de maneira a evitar a repetição de crises no abastecimento de água, como aquela ocorrida entre 1997 e 2003 e a que se anuncia em função da estiagem iniciada em 2012.

METODOLOGIA

A metodologia adotada, para análise de alternativas de gerenciamento da demanda urbana de água em Campina Grande, é composta das seguintes etapas:

- Caracterização das medidas de gestão da demanda urbana de água a serem analisadas, de maneira a identificar os custos e benefícios a elas associados;
- Simulação de cenários de gestão da demanda urbana de água, permitindo o cálculo dos índices de redução de consumo e do tempo de retorno dos investimentos, decorrentes da adoção das medidas de gestão selecionadas, isoladamente ou em conjunto;
- Análise dos resultados, objetivando subsidiar a elaboração de um programa de gestão da demanda urbana de água para o núcleo urbano em estudo.
- Estas etapas metodológicas estão descritas, mais detalhadamente, na sequência.

Caracterização das Medidas de Gestão

Considerando a sua maior eficiência na redução do consumo de água, mesmo quando adotadas isoladamente, foram selecionadas ações tecnológicas de gestão da demanda urbana de água, a

saber, a medição individualizada em apartamentos (condomínios verticais) e o uso de aparelhos hidrossanitários poupadores de água, as quais são sucintamente descritas, a seguir.

A medição individualizada consiste na instalação de um hidrômetro para cada unidade residencial de um condomínio vertical. No modelo de medição global (um hidrômetro para o condomínio), a conta de água é rateada entre todas as unidades residenciais, de modo que cada unidade paga pelo consumo médio dos apartamentos, e não pela quantidade de água que consumiu, o que gera grandes desperdícios. Com a medição individualizada, a conta de água e esgoto é estabelecida com base no consumo real de cada unidade residencial, somado ao volume rateado do consumo comum do condomínio, sendo este último obtido pela diferença entre o volume registrado no medidor principal e o somatório dos volumes registrados nos hidrômetros individuais (COELHO; MAYNARD, 1999). Segundo estes autores, a adoção da medição individualizada em condomínios verticais na cidade do Recife/PE propiciou uma redução média de 30% no consumo de água, com algumas contas de água sendo reduzidas em até 50% do valor anterior. Os custos de implantação da medição individualizada são variáveis e dependem, dentre outros aspectos, do total de colunas que conduzem a água, da tecnologia adotada para leitura e transmissão das informações de consumo, do padrão do apartamento (acabamento) e da altura do prédio (avaliação das pressões).

Os aparelhos hidrossanitários poupadores de água são o resultado de avanços tecnológicos que permitem maior eficiência no uso da água, e podem ser de vários tipos. Neste trabalho, são adotados: (i) bacia sanitária de caixa acoplada, com volume de descarga reduzido (6 litros/acionamento) ou com válvula de acionamento seletivo (dual-flush, com 6 litros/acionamento, para arraste de dejetos sólidos, e 3 litros/acionamento, para arraste de dejetos líquidos); (ii) torneira para banheiro, com sensor de presença (que capta a presença das mãos do usuário perto da torneira, liberando o fluxo de água até o momento em que as mãos são afastadas do sensor; depende de fonte elétrica de alimentação) e de fechamento automático (que permite o fluxo de água por um período de tempo programado pelo usuário ou determinado pelo fabricante); (iii) torneira para cozinha, com arejador (dispositivo, fixado na saída da torneira, que reduz a seção de passagem da água e possui orifícios na superfície lateral, para entrada de ar durante o escoamento da água, dando ao

usuário a sensação de uma vazão maior); (iv) chuveiro, com arejador (para redução da vazão) e válvula de fechamento automático (que detém o fluxo de água, automaticamente, após um período de tempo determinado).

A caracterização dessas medidas, em termos de redução de consumo e de custos de investimento, está apresentada na Tabela 2. Os valores adotados resultam de pesquisa na literatura especializada e de tomada de preços no comércio da cidade em estudo.

Tabela 2 – Redução de consumo e custos das medidas de gestão selecionadas.

Medida de Gestão		Redução de Consumo (%)	Custos* (R\$/un)
Medição individual em apartamentos	Edifícios Novos	15 a 30%	200,00 ^(b)
			420,00 ^(c)
			500,00 ^(d)
	Edifícios Antigos ^(a)	15 a 30%	600,00 ^(b) 750,00 ^(c)
Torneira com sensor de presença		40%	540,00
Torneira com fechamento automático		20%	111,00
Bacia sanitária com caixa acoplada (6 l/descarga)		50%	170,00
Válvula para a bacia sanitária com caixa acoplada (dual-flush: 3 ou 6 l/descarga)		50 a 75%	207,90
Torneira com arejador (vazão constante: 6 l/min)		50%	166,00
Chuveiro com arejador		20%	84,00
Válvula de fechamento automático para chuveiro (vazão constante: 8 l/min)		32 a 62% (baixa a alta pressão)	203,70

Fonte: Coelho e Maynard (1999); Tomaz (2001).

Obs.: * Preços praticados no comércio de Campina Grande- ano de 2008; (a) uma prumada hidráulica por apartamento; (b) leitura manual; (c) radiofrequência; (d) leitura eletrônica.

Simulação de Cenários de Gestão da Demanda

Para permitir o cálculo dos índices de redução de consumo e o tempo de retorno do inves-

timento (amortização do investimento inicial) para implantação das medidas de gestão da demanda, foram simulados 15 cenários de gestão da demanda urbana de água (Tabela 3).

Tabela 3 – Cenários de gestão da demanda.

Nº	Descrição do Cenário
1	Cada residência adota uma bacia sanitária c/ caixa acoplada de 6 litros/descarga
2	Cada residência adota uma bacia sanitária c/ caixa acoplada dual-flush (3 ou 6 litros/ descarga)
3	50% das residências adotam uma bacia VDR (6 litros/descarga); e 50% adotam uma bacia sanitária c/ caixa acoplada dual-flush (3 ou 6 litros/descarga)
4	Cada residência adota uma torneira c/ fechamento automático p/ o banheiro
5	10% das residências adotam uma torneira c/ sensor de presença p/ o banheiro; e 90% adotam uma torneira c/ fechamento automático p/ o banheiro
6	Cada residência adota um chuveiro c/ arejador
7	Cada residência adota uma válvula de fechamento automático p/ o chuveiro
8	Cada residência adota uma torneira c/ arejador p/ a cozinha
9	Cada residência adota uma torneira c/ fechamento automático p/ o banheiro + uma torneira c/ arejador p/ a cozinha
10	10% das residências adotam uma torneira c/ sensor de presença p/ o banheiro; e 90% adotam uma torneira c/ fechamento automático p/ o banheiro; cada residência adota uma torneira c/ arejador p/ a cozinha
11	Cada residência adota uma bacia sanitária c/ caixa acoplada VDR (6 litros/descarga) + uma torneira c/ fechamento automático p/ o banheiro
12	Cada residência adota uma bacia sanitária c/ caixa acoplada VDR (6 litros/descarga) + uma torneira c/ fechamento automático p/ o banheiro + uma torneira c/ arejador p/ a cozinha
13	Cada residência adota uma bacia sanitária c/ caixa acoplada VDR (6 litros/descarga) + uma torneira c/ fechamento automático p/ o banheiro + uma torneira c/ arejador p/ a cozinha + um chuveiro c/ arejador + uma válvula de fechamento automático p/ o chuveiro
14	10% das residências adotam uma torneira c/ sensor de presença p/ o banheiro + uma bacia sanitária c/ caixa acoplada dual-flush (3 ou 6 litros/descarga); e 90% das residências adotam uma torneira c/ fechamento automático p/ o banheiro + uma bacia sanitária c/ caixa acoplada VDR (6 litros/descarga)

15	10% das residências adotam uma torneira c/ sensor de presença p/ o banheiro + uma bacia sanitária c/ caixa acoplada dual-flush (3 ou 6 litros/descarga) + uma torneira c/ arejador p/ a cozinha + um chuveiro c/ arejador + uma válvula de fechamento automático p/ o chuveiro; e 90% das residências adotam uma torneira c/ fechamento automático p/ o banheiro + uma bacia sanitária c/ caixa acoplada VDR (6 litros/descarga) + uma torneira c/ arejador p/ a cozinha + um chuveiro c/ arejador + uma válvula de fechamento automático p/ o chuveiro
----	---

Obs.: Nº, numeração adotada para o cenário.

Os cenários da Tabela 3 consideraram as medidas selecionadas, isoladamente e em conjunto e todas as unidades residenciais da cidade, independentemente de serem residências isoladas ou apartamentos em condomínios verticais. Para estes últimos, além destes cenários, foi também considerada a implantação da medição individualizada.

Cálculo do índice de redução de consumo (IR)

Para definir o percentual de redução de consumo para a cidade de Campina Grande, a partir da implantação das medidas de gestão da demanda urbana de água, foi calculada a economia de água decorrente da utilização de cada aparelho hidrossanitário poupador de água e da adoção da medição individualizada nos condomínios residenciais verticais.

Para definição da economia de água propiciada por cada aparelho hidrossanitário poupador de água, foi adotado o seguinte procedimento:

1. *Cálculo do consumo mensal de cada aparelho convencional, a partir da Equação 1:*

$$CAC_i = DCA_i \times CMR \quad (1)$$

Sendo: CAC_i , consumo médio mensal do aparelho convencional i ($m^3/mês$); DCA_i , distribuição de consumo de água por aparelho hidrossanitário i , adimensional (Tabela 4); CMR = consumo médio mensal do setor residencial de Campina Grande ($m^3/mês$).

2. *Cálculo do consumo mensal de cada aparelho poupador, a partir da Equação 2:*

$$CAP_i = (1 - F_i) \times CAC_i \quad (2)$$

Sendo: CAP_i , consumo médio mensal com a implementação do aparelho poupador i ($m^3/mês$); F_r , fator de redução de consumo de água por aparelho poupador i (dado fornecido pelo fabricante, representa a razão entre a vazão do aparelho poupador e a do aparelho convencional), conforme Tabela 4; CAC_i , consumo médio mensal do aparelho convencional i ($m^3/mês$).

3. Cálculo da economia de água, a partir da Equação 3:

$$EDA_i = CAC_i - CAP_i \quad (3)$$

Sendo: EDA_i , economia de água proporcionada pelo aparelho poupador i ($m^3/mês$); CAC_i , consumo médio mensal do aparelho convencional i ($m^3/mês$); CAP_i , consumo médio mensal com a implementação do aparelho poupador i ($m^3/mês$).

A Tabela 4 informa os valores adotados para DCA_i (distribuição de consumo de água por aparelho hidrossanitário) e F_r (fator de redução de consumo de água por aparelho poupador), nas Equações 1 e 2, respectivamente.

Tabela 4 – Valores adotados para DCA_i e F_r .

Cenários	DCA_i	F_r
Bacia sanitária de 6 litros	0,29	0,50
Bacia sanitária <i>dual-flush</i>	0,29	0,63
Torneira com fechamento automático para banheiro	0,06	0,20
Torneira com sensor para banheiro	0,06	0,40
Chuveiro com arçador	0,28	0,20
Chuveiro com válvula de fechamento automático	0,28	0,32
Torneira com arçador para cozinha	0,17	0,20

Obs.: DCA_i (distribuição de consumo de água por aparelho hidrossanitário) e F_r (fator de redução de consumo de água por aparelho poupador).

Para definição da economia de água propiciada pela medição individualizada, em virtude da inexistência de cadastro detalhado de consumidores, foi necessário calcular o número médio de pessoas por unidade domiciliar (considerando o resultado da divisão do número de habitantes de Campina Grande pelo número de hidrômetros ativos). O número de apartamentos existentes na cidade foi definido a partir da divisão da quantidade de pessoas residentes em apartamento, por bairro, pelo número médio de pessoas por unidade

domiciliar (IBGE, 2000). Foi adotado um consumo per capita de $150 L.hab^{-1}.dia^{-1}$ de modo a permitir o cálculo do consumo por apartamento, com medição global, e considerada uma redução média de 25% do consumo por apartamento, a partir da implantação da medição individualizada. Isto permite que a Equação 3 também seja utilizada para o cálculo da economia de água (EDA_i , sendo i a medição individualizada).

O índice de redução de consumo (IR) para cada aparelho poupador e para cada apartamento com medição individualizada, foi calculado a partir da Equação 4:

$$IR = (EDA_i / CAC_i) \times 100 \quad (4)$$

Sendo: IR, redução de consumo proporcionado pelo uso do aparelho poupador i /medição individualizada (%); EDA_i , economia de água determinada pela Equação 3, para o aparelho poupador i /medição individualizada ($m^3/mês$); CAC_i , consumo médio mensal do aparelho convencional i ou de apartamento com medição global ($m^3/mês$).

Cálculo do período de retorno do investimento (n)

O período de retorno do investimento representa o número de meses (n), a partir da adoção de determinado cenário de gestão da demanda urbana de água, necessários à amortização total do investimento feito. Este período foi calculado, para cada cenário simulado e para a medição individualizada, com base na redução mensal na conta de água do usuário. O cálculo é feito a partir das Equações 5 e 6:

$$RI_t = (EDA \times P)_t \quad (5)$$

$$I_0 - (RI_1 + RI_2 + \dots + RI_n) = 0 \quad (6)$$

Sendo: RI_t , retorno do investimento no mês t , com $t = 1$ a n ; EDA , economia de água ($m^3/mês$) proporcionada pelo cenário/medida de gestão, no mês t ; P , valor da tarifa da concessionária ($R\$/m^3$), no mês t ; I_0 , investimento inicial necessário à adoção do cenário/medida de gestão.

Os custos de investimento referem-se exclusivamente à aquisição dos aparelhos hidrossanitários e dos equipamentos para a medição individualizada.

Análise dos Resultados

A Tabela 5 apresenta, para cada cenário de gestão, o percentual de redução de consumo (IR) calculado e o investimento necessário.

Tabela 5 – Redução de consumo e investimento necessário, para os cenários de gestão da demanda.

Nº	Rd (%)	IR (%)	I ₀ (R\$/Rd)	I _{Total} (R\$)
1	100	14,50	170,00	16.902.193,33
2	100	18,13	377,90	37.572.581,53
3	50	16,31	170,00	27.237.387,43
	90		377,90	
4	100	1,20	111,00	11.036.138,00
5	10	5,64	540,00	15.301.456,20
	90		111,00	
6	100	5,60	84,00	8.351.672,00
7	100	8,96	203,70	20.252.804,60
8	100	8,50	166,00	16.504.494,67
9	100	9,70	277,00	27.540.632,67
10	10	9,82	706,00	31.805.950,87
	90		277,00	
11	100	15,70	281,00	27.938.331,33
12	100	24,20	447,00	44.442.826,00
13	100	33,16	734,70	73.047.302,60
14	10	16,18	917,90	34.270.688,35
	90		281,00	
15	10	33,64	1.371,60	79.379.659,62
	90		734,70	

Obs.: % Rd, percentual de residências que adotam as medidas, conforme descrição do cenário; IR, índice de redução do consumo propiciado pelo cenário; I₀, investimento inicial, por residência; I_{Total}, investimento necessário para implantação em toda a cidade.

Nos 15 cenários simulados nota-se que o índice de redução do consumo de água variou de 1,20% (cenário 4, segundo o qual cada residência adotaria apenas uma torneira com fechamento automático, para o banheiro; o baixo valor obtido tem relação com o fato de que uma torneira de banheiro convencional corresponde a apenas 6% do consumo total de uma residência) a 33,16% e 33,64% (cenários 13 e 15, respectivamente, nos quais é adotado um conjunto de alternativas de gestão, para diferentes pontos de água da residência). O investimento total para a cidade (no caso de adoção de programa de gestão da demanda pelo Poder Público) pode ser considerado bastante atraente.

A Tabela 6 mostra o período de retorno do investimento (número de meses) para cada cenário simulado, considerando faixas de consumo mensal por residência (20, 50, 100, 500 e 1.000 m³/mês), de maneira a permitir o cálculo da redução na conta de água (sem taxa de esgotos) dos usuários. Importante lembrar que, para o consumo até 10 m³/mês, o investimento não seria amortizado, devido ao valor fixo cobrado pela concessionária. Também, os cálculos não consideram os reajustes (normalmente anuais) da tarifa da CAGEPA.

Tabela 6 - Período de retorno do investimento (RI), para os cenários simulados, sobre a conta de água.

Nº	Rd (%)	RI (meses)/ Limite superior da faixa de consumo (m ³ /mês)				
		20	50	100	500	1.000
1	100	26	6	3	1	1
2	100	46	11	6	2	1
3	50	26	6	3	1	1
	90	46	11	6	2	1
4	100	201	45	23	5	3
5	10	488	109	55	11	6
	90	201	45	23	5	3
6	100	33	8	4	1	1
7	100	50	11	6	2	1
8	100	43	10	5	1	1
9	100	62	14	7	2	1
10	10	141	32	16	4	2
	90	62	14	7	2	1
11	100	39	9	5	1	1
12	100	40	9	5	1	1
13	100	48	11	6	2	1
14	10	97	22	11	3	2
	90	39	9	5	1	1
15	10	79	18	9	2	1
	90	42	10	5	1	1

Obs.: Nº, numeração adotada para o cenário; Rd, percentual de residências que adotam as medidas, conforme descrição do cenário; RI, retorno do investimento, em número de meses.

Os resultados apresentados na Tabela 6 permitem verificar que, em algumas situações, o investimento já seria integralmente amortizado no primeiro mês de implantação do aparelho hidrosanitário poupador (cenários 1 e 2, por exemplo), para as faixas de maior consumo. Não obstante, houve casos em que, economicamente, a adoção do cenário apresentaria maiores dificuldades, do ponto de vista do usuário residencial, com o retorno do

investimento ocorrendo no 488º mês (cenário 5), para a faixa de consumo de 20 m³/mês.

Para a faixa de consumo mais frequente na cidade (11-20 m³/mês): o menor período de retorno do investimento equivale a 26 meses (para os cenários 1 e parte do cenário 3, quando é adotada uma bacia sanitária VDR (6 litros/descarga)), resultando em 14,50% de redução do consumo total com bacia sanitária convencional. Quando se considera o cenário 15, que proporciona a maior redução do consumo total (33,64%), verifica-se que, para 10% das residências, o investimento feito é amortizado em 79 meses, enquanto o período de retorno do investimento é de 42 meses para os restantes 90% das residências.

A seguir, o período de retorno do investimento em cada cenário foi calculado, considerando um reajuste de 10% ao ano na tarifa de água e o impacto sobre a conta total (água e esgotos), conforme Tabela 7.

Verifica-se, pelos resultados da Tabela 7, que o período de retorno do investimento teve redução significativa, com o maior período de retorno passando de 488 para 149 meses (cenário 5), na faixa de 20 m³/mês. Para esta faixa de consumo, o cenário 1 (adoção de uma bacia sanitária com caixa acoplada e VDR (6 litros/descarga)), por exemplo, passa a requerer 14 meses para amortização do investimento, em vez dos 26 meses anteriores; e no cenário 15 (maior redução de consumo), 10% das residências têm o investimento amortizado em 39 meses, contra 23 meses das residências restantes.

Apesar dessa redução do período de retorno do investimento, quando os resultados são analisados à luz das condições socioeconômicas da maioria da população de Campina Grande, tornam-se interessantes ações governamentais, que proporcionem incentivos financeiros à população, no sentido de motivá-la a adotar medidas que induzam o consumo racional e a conservação dos recursos hídricos.

Em relação à implantação da medição individualizada nos condomínios verticais residenciais de Campina Grande, considerando-se 25% de redução de consumo, por apartamento, foi verificada uma economia mensal de água equivalente a 15.030 m³ (aproximadamente, 1,20% do consumo total da cidade), resultando, em um ano, em uma economia de 180.360 m³, o que corresponde a três meses de abastecimento de água para esses condomínios, na situação de medição global.

Tabela 7 - Período de retorno de investimento (RI), considerando reajustes tarifários e a conta total.

Nº	Rd (%)	RI (meses)/ Limite superior da faixa de Consumo (m³/mês)				
		20	50	100	500	1.000
1	100	14	3	2	1	1
2	100	24	6	3	1	1
3	50	14	3	2	1	1
	50	24	6	3	1	1
4	100	83	22	12	3	2
5	10	149	47	26	6	3
	90	83	22	12	3	2
6	100	18	4	2	1	1
7	100	26	6	3	1	1
8	100	23	5	3	1	1
9	100	32	7	4	1	1
10	10	63	16	8	2	1
	90	32	7	4	1	1
11	100	21	5	3	1	1
12	100	22	5	3	1	1
13	100	26	6	3	1	1
14	10	48	11	6	2	1
	90	21	5	3	1	1
15	10	39	9	5	1	1
	90	23	5	3	1	1

Obs.: Nº, numeração adotada para o cenário; Rd, percentual de residências que adotam as medidas, conforme descrição do cenário; RI, retorno do investimento, em número de meses.

O retorno do investimento, para substituição da medição global pela medição individualizada, foi determinado a partir do cálculo das contas de água para unidades residenciais com consumo de 20, 30, 40, 50, 100, 250, 300, 400, 500 e 1.000 m³/mês. Os resultados estão apresentados na Tabela 8.

Novamente é verificado que a faixa de consumo mais frequente na cidade (11-20 m³/mês) é a que apresenta maior período de retorno do investimento (53 meses, ou pouco mais de 4 anos). Deve ser lembrado que os cálculos só consideram os custos de aquisição dos equipamentos, portanto, a substituição da medição global pela individualizada, nos edifícios antigos de Campina Grande, pode ser considerada pouco atrativa, do ponto de vista econômico, para a parcela da população campinense que neles habita. Desta forma, também para esta medida de gestão da demanda urbana de água, as

iniciativas de financiamento, por parte do Poder Público, se tornam importantes.

Tabela 8 - Período de retorno do investimento (RI) para a medição individualizada.

Consumo (m ³ /mês)	Período de retorno do investimento (meses)
20	53
30	27
40	20
50	12
100	6
150	4
200	3
300	2
400	3
500	4
1.000	1

Necessário ressaltar que, nos últimos anos, os edifícios construídos na cidade já são entregues com a medição individualizada por apartamento.

CONCLUSÃO

A análise de quinze cenários de gestão da demanda para a cidade de Campina Grande indica a possibilidade de reduzir, significativamente, a demanda de água para o setor residencial da cidade, com a adoção de alternativas tecnológicas (medição individualizada e aparelhos hidrossanitários poupadores de água).

O índice de redução de consumo de água variou de 1,20% a 33,64% nos cenários simulados para os aparelhos hidrossanitários, e a economia obtida com a adoção da medição individualizada em todos os edifícios de Campina Grande, adotada como um percentual de redução 25%, corresponderia ao consumo de água necessário ao abastecimento dos edifícios residenciais da cidade por um período de três meses.

O período de retorno do investimento, tanto para os aparelhos hidrossanitários poupadores de água, quanto para a medição individualizada nos condomínios verticais, variou: (i) de 1 a 488 meses, para a simulação dos cenários, sem consideração de reajustes tarifários da concessionária, baseada apenas na conta de água (sem taxa de esgotos); (ii) de 1 a 149 meses, para a simulação dos cenários, con-

siderando reajustes tarifários anuais da concessionária, baseada na conta total (água e esgotos); e (iii) de 1 a 53 meses, para a substituição da medição global pela medição individualizada. Como, em todos os cálculos, os custos de investimento se referiram apenas à aquisição dos aparelhos hidrossanitários e dos equipamentos de medição (sem incluir mão-de-obra, custos de construção, etc.), fica evidente que o período de retorno do investimento é ainda maior, podendo tornar a adoção de alguns dos cenários das alternativas de gestão de difícil implantação por parte da população campinense.

Tais resultados, além de indicarem a importância, do ponto de vista ambiental, de serem adotadas medidas de gestão da demanda urbana de água na cidade, do ponto de vista econômico enfatizam a necessidade de ações governamentais, no sentido de oferecer incentivos financeiros à população, evitando que as condições socioeconômicas desta sejam entrave à adoção de práticas de uso racional e conservação dos recursos hídricos.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e à CAPES/PNPD, pelas bolsas concedidas à primeira e terceira autoras, respectivamente.

REFERÊNCIAS

- ADENE – Agência de Desenvolvimento do Nordeste. (2007). *A região semiárida brasileira*. Disponível em: <<http://www.adene.gov.br>>. Acesso em: 20 ago 2011.
- AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. *Volumes dos Reservatórios*. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br>>. Acesso em jan. 2008.
- ALBUQUERQUE, T. M. A.; RIBEIRO, M. M. R.; VIEIRA, Z. M. C. L. (2008). Análise multicriterial de alternativas tecnológicas para redução do consumo de água. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos RBRH*, v. 13, p. 99-110.
- BUTLER, D.; MEMON, F. (2006). *Water demand management*. London, UK: IWA Publishing.
- CAGEPA – Companhia de Água e Esgotos da Paraíba. (2007). *Consumo mensal de água para as diversas categorias*

de consumo, por faixa de consumo, para a cidade de Campina Grande. Relatório Técnico. Documento não publicado.

CAGEPA – Companhia de Água e Esgotos da Paraíba. (2008a). *Análise de consumo mensal por ligação*. Relatório Técnico. Documento não publicado.

CAGEPA - Companhia de Água e Esgotos da Paraíba. (2008b). *Estrutura tarifária 2008*. Boletim Interno. Documento não publicado.

CITY OF SEATTLE. (2001). *1% water conservation*. Disponível em: <<http://www.ci.seattle.wa.us>>. Acesso em 20 jan. 2008

COELHO, A. C.; MAYNARD, J. C. B. (1999). *Medição individualizada de água em apartamentos*. Recife: Comunicarte.

EPA – Environmental Protection Agency. *Urban water management in USA*. Disponível em: <<http://www.epa.gov>>. Acesso em dez. 2004.

ESTEVAN, A. (1999). *Gestión de la demanda de agua y su impacto económico*. Tese (Master en gestión y uso eficiente del agua). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, Espanha.

FAO – Food and Agriculture Organization. (2001). *Water policies and demand management*. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em abr. 2002.

FIGUERES, C. (2005). Urban water management in the Middle East and Central Asia. In: *Proceedings of the 12th World Water Congress of IWRA*, New Delhi, India.

GALVÃO, C. O.; REGO, J. C.; RIBEIRO, M. M. R.; ALBUQUERQUE, J. P. T. (2001). Sustainability characterization and modelling of water supply management practices. IAHS-AISH Publication, v. 268, p. 81-88.

HESPAHOL, I. (2008). Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos. *Estudos Avançados* 22 (63), p. 131-158.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2000). *Censo demográfico 2000*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 15 jun. 2008.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2010). *Censo demográfico 2010*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 23 abril 2012.

MMA (2006) Plano Nacional de Recursos Hídricos: Águas para o futuro – cenários para 2020. Vol. 2. Brasília: Ministério do Meio Ambiente.

LINS, G. M. L. (2010). *Análise de variáveis determinantes no consumo urbano da água de uso doméstico na cidade de Campina Grande-PB*. Tese (Doutorado em Recursos Naturais), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba.

OLIVEIRA, L. H. (1999). *Metodologia para a implementação de programa de uso racional da água em edifícios*. Tese (Doutorado em Engenharia), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

REGIONAL MUNICIPALITY OF WATERLOO. *Regional water services*. Disponível em: <<http://www.region.waterloo.on.ca/water>>. Acesso em: 10 nov. 2006.

RÊGO, J. C.; ALBUQUERQUE, J. P. T.; RIBEIRO, M. M. R. (2000). Uma análise da crise de 1998-2000 no abastecimento de água de Campina Grande. In: *Anais do V Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste*. Natal: ABRH.

RÊGO, J. C.; GALVÃO, C. O.; ALBUQUERQUE, J. P. T. (2012). Considerações sobre a gestão dos recursos hídricos do açude Epitácio Pessoa- Boqueirão na bacia hidrográfica do rio Paraíba em cenário de vindouros anos secos. In: *Anais XI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste*. João Pessoa: ABRH.

RÊGO, J. C.; GALVÃO, C. O.; VIEIRA, Z. M. C.; RIBEIRO, M. M. R.; ALBUQUERQUE, J. P. T.; SOUSA, J. A. (2013). Atribuições e responsabilidades na gestão dos recursos hídricos – o caso do Açude Epitácio Pessoa/Boqueirão no Cariri Paraibano. In: *Anais do XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*. Bento Gonçalves: ABRH.

RIBEIRO, M. M. R.; BRAGA, C. F. C. (2008). Consenso como medida de sustentabilidade no gerenciamento da demanda de água. In: LIRA, W; LIRA, H; SANTOS, M. J.; ARAÚJO, L. E.. (Org.). *Sustentabilidade: um enfoque sistêmico*. Campina Grande: EDUEP.

SHARMA, S. K.; VAIRAVAMOORTHY, K. (2009). Urban water demand management: prospects and challenges for the developing countries. *Water and Environmental Journal*, n. 23. p. 210-218.

TOMAZ, P. (2001). *Economia de água para empresas e residências – um estudo atualizado sobre o uso racional da água*. São Paulo: Navegar Editora.

VIEIRA, Z. M. C. L. (2008). *Metodologia de análise de conflitos na implantação de medidas de gestão da demanda de água*. Tese (Doutorado em Recursos Naturais), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba.

Alternatives For The Management Of Water Demand On A City Scale

ABSTRACT

In order to cope with the pressures exerted by urban areas on the available water resources, there is increasing emphasis on urban water demand management, mainly in arid and semi-arid areas. In the State of Paraíba, Brazil, the case of Campina Grande city deserves attention, especially due to the last crisis in its water supply system (1997-2003) and the perspective of a new crisis (2012-2014). Considering that the city's greatest water demand is domestic supply, this article presents the simulation of scenarios, with regard to the adoption of urban water demand management technological measures (water-sparing devices and individualized water measurement), aiming to subsidize the development of a possible water rational use program for Campina Grande's residential consumers. The analysis of results indicates the environmental feasibility of employing these measures (reduction of water consumption up to 33.64%). Regarding economic viability, there are attractive scenarios and others presenting a higher investment return period. In this context, the public authorities' role is emphasized in offering financial incentives to the population, inducing them to the rational use of water and avoiding new crises in the city's water supply.

Key words: *Water-sparing devices, individualized water measurement, rational use of water.*