

XII-037 - CENÁRIOS DE DEMANDA DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE SALVADOR

Samara Fernanda da Silva¹, Lafayette Luz², Fernando Genz³

Endereço profissional

Endereço: Rua Aristides Novis, nº 02. Escola Politécnica, 4º andar. Departamento de Engenharia Ambiental – DEA. Federação. CEP 40210-630. Salvador – Bahia, Brasil. Tel.: 55 71 3283-9785. E-mail: samara.nanda@gmail.com

RESUMO

Os sistemas de abastecimento de água brasileiro, devido aos elevados índices de perdas na distribuição, são usuários dos recursos hídricos potenciais de efetivar a gestão da demanda. Assim, este trabalho consistiu na elaboração de projeções de demanda futura do sistema de Salvador - Bahia, por meio de cenários, considerando diferentes metas de perdas na distribuição e consumo *per capita*.

Tais projeções foram calculadas variando ora o consumo *per capita* ora a meta de perdas na distribuição em 2030. Os valores de consumo *per capita* utilizados neste trabalho foram àqueles utilizados no “Estudos de Aproveitamento dos Mananciais da RMS – Estudo de Demandas (SEDUR, 200-) e a média da série histórica do Sistema Nacional de Informação do Saneamento (período de 2001 a 2008), valor este próximo ao que vem sendo utilizado para elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico – PMSB (SETIN, 2010). Quanto a meta de perda na distribuição, estas foram 35% (conforme PMSB), 30% e 25%.

PALAVRAS-CHAVE: Abastecimento de água, gestão de demanda, cenários.

INTRODUÇÃO

A gestão do setor de saneamento brasileiro ainda é fundamentada na expansão do atendimento por meio da exploração de mananciais cada vez mais distantes, elevados índices de perdas por vazamentos, pouca preocupação efetiva com o uso da água nos domicílios (desperdícios elevados) e reúso de esgoto praticamente inexistente.

É provável haver uma redução das vazões dos mananciais que abastecem Salvador em decorrência e das mudanças climáticas, e isto poderá comprometer o fornecimento de água desta cidade (GENZ, 2011). Ações de redução da demanda não apenas irão reduz custos e investimentos como poderão ser determinantes no equilíbrio entre disponibilidade hídrica e demanda.

Nesse contexto, faz-se necessário reduzir as pressões sobre os recursos hídricos de modo a melhorar a eficiência das utilizações das águas existentes (GLEICK, 2010). Entretanto, o Plano Municipal de Saneamento Básico de Salvador, em fase de elaboração, cujo horizonte é 2030, apresenta somente a redução de perdas como alternativa de gestão da demanda.

OBJETIVO

Avaliar a demanda futura do sistema de abastecimento de água de Salvador, por meio de projeções de demanda (cenários), considerando diferentes metas de perdas na distribuição e consumo *per capita*.

¹ Graduada em Engenharia Sanitária e Ambiental; pós-graduanda em Meio Ambiente, Águas e Saneamento pela Escola Politécnica da UFBA. samara.nanda@gmail.com

² Professor doutor do Departamento de Engenharia Sanitária da Escola Politécnica da UFBA. lluz.ufba@gmail.com

³ Pesquisador do CNPq/CT-Energ; doutor associado ao Departamento de Engenharia Sanitária da Escola Politécnica da UFBA. fgenz@pq.cnpq.br

METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho consistiu na elaboração de cenários de demanda do sistema de abastecimento de água de Salvador. Para Porto *et al.* (2005) cada cenário procura estabelecer uma sequência lógica de eventos, partindo do presente a uma situação futura, servindo, portanto, para preparar a ação em face de descontinuidades, oportunidades ou ameaças possíveis ou prováveis, não sendo sua elaboração um exercício especulativo, de pouca ou nenhuma utilidade prática. Tais autores fazem as seguintes considerações com relação à construção de cenários:

- Nenhum cenário acontece exatamente como descrito;
- A trajetória da realidade, na grande maioria dos casos, pode evoluir dentro de um conjunto de cenários traçados;
- Um bom conjunto de cenários tem grande utilidade como sistema de referência para situações futuras;
- Um conjunto de cenários reduz os conflitos de percepção a respeito do futuro e melhora a qualidade das decisões estratégicas, tornando-as mais controláveis e avaliáveis;
- Cenários não têm a pretensão de prever o futuro, mas sim de indicar possíveis estratégias a serem adotadas caso determinada situação de futuro se configure.

Os cenários elaborados para o sistema de abastecimento de água de Salvador neste trabalho foram construídos com base em dois critérios: consumo *per capita* e meta de perda na rede de distribuição em 2030:

- Consumo per capita:
 - o Aquele definido inicialmente no planejamento do sistema de abastecimento de água de Salvador (170,90 L.hab⁻¹.dia⁻¹) a partir do “Estudos de Aproveitamento dos Mananciais da RMS – Estudo de Demandas (SEDUR, 200-);
 - o Média do consumo per capita obtido na série histórica (2001-2008) do SNIS (150,0 L.hab⁻¹.dia⁻¹), sendo este próximo ao utilizado no planejamento (SETIN, 2010);
- Meta de perdas de água na distribuição do sistema de Salvador em 2030:
 - o 35%, ou seja, uma taxa geométrica de 0,85% ao ano – utilizando no planejamento;
 - o 30%, percentual próximo da média daqueles encontrados atualmente nas cidades de Brasília e Goiana, ou seja, uma taxa geométrica de 1,20% ao ano;
 - o 25%, percentual atribuído como nível de perdas de água desejável (Ministério das Cidades, 2011), ou seja, uma taxa geométrica de 1,81% ao ano.

As demandas do sistema de abastecimento de água de Salvador foram elaboradas a partir da projeção de população utilizada atualmente na elaboração do Plano Municipal de Saneamento. Neste plano, foi utilizada a projeção apresentada por SEDUR (200-). A partir da projeção de população, utilizando a eq. 1, determinou-se os cenários demanda para consumo humano de Salvador.

$$D_{Hum} = \frac{1,05 \times \text{População} \times \text{Per capita (total)}}{84.600} \quad (1)$$

Onde:

$$\text{Per capita (total)} = \frac{\text{Per capita real}}{1 - \left(\frac{\% \text{ de perdas}}{100} \right)} \quad (2)$$

% percentual de perdas na distribuição.

Fonte: SEDUR(200-)

Para Salvador, SEDUR (200-) estimou o consumo per capita a partir de uma pesquisa realizada 2003 durante revisão e atualização do plano diretor de esgoto, na qual foram determinados os consumos com base nos percentuais de população das classes de renda A, B e C. O valor de 1,05 (eq. 1) correspondente às possíveis perdas de água durante o processo de tratamento (SEDUR, 200-).

O percentual das perdas dos anos posteriores foi calculado por meio da projeção geométrica, definida em função da meta de redução futura (SEDUR, 200-). A seguir são apresentadas as expressões matemáticas para determinação da taxa anual de redução de perdas na distribuição.

$$\text{Taxa anual de redução} = \left(\frac{\text{Per capita (total) futuro}}{\text{Per capita (total) atual}} \right)^{\frac{1}{t_2 - t_1}} \quad (3)$$

$$\text{Per capita (total) futuro} = \frac{\text{Per capita real}}{1 - \left(\frac{\% \text{ de perdas meta}}{100} \right)} \quad (4)$$

$$\text{Per capita (total) atual} = \frac{\text{Per capita real}}{1 - \left(\frac{\% \text{ de perdas atual}}{100} \right)} \quad (5)$$

Onde, $t_2 - t_1$ = anos de projeção, ou seja, tempo final e tempo inicial

O Plano Municipal de Salvador está sendo planejado para até 2030. No presente estudo, a série de população apresentada por SEDUR (200-) foi estendida linearmente até 2040, pois apresentou R^2 superior a 0,98. Embora o atendimento de água de Salvador seja realizado por meio de um Sistema Integrado, este trabalho avaliou apenas diferentes projeções de demanda exclusivamente da cidade do Salvador e, portanto, não do Sistema Integrado de Abastecimento de Água de Salvador. Assim, as projeções de demanda do sistema de abastecimento de água de Salvador foram calculadas variando ora o per capita real, ora a meta para 2030 de redução de perdas na distribuição do sistema. O percentual de perdas mínimo estabelecido entre o período de 2030 a 2040 foi de 20%. O **Quadro 1** apresenta os cenários de demanda propostos.

Critérios		Cenários
Consumo per capita real	Perdas	
170,90 L.hab ⁻¹ .dia ⁻¹	35%	11
	30%	12
	25%	13
150 L.hab ⁻¹ .dia ⁻¹	35%	21
	30%	22
	25%	23

Quadro 1: Resumo dos Cenários propostos para avaliação das demandas do Sistema de Abastecimento de Água de Salvador

SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Para Nascimento e Heller (2005), a questão das interfaces entre saneamento e recursos hídricos reside na dualidade do saneamento ora como usuário de água ora como instrumento de controle de poluição e, em consequência, de sua preservação. Estes autores afirmam que entre os diversos usuários da água, o de saneamento é provavelmente o que apresenta maior interação e interfaces com o de recursos hídricos. Deste modo, os recursos hídricos são vulneráveis à gestão do saneamento básico, seja em seus aspectos de quantidade (captação para o consumo) ou em qualidade (lançamento).

Entretanto, de modo geral, a gestão do setor de saneamento brasileiro ainda é fundamentada na gestão da oferta: expansão do atendimento por meio da exploração de mananciais cada vez mais distantes, elevados índices de perdas por vazamentos, pouca preocupação efetiva com o uso da água nos domicílios (desperdícios elevados) e de reuso de esgoto. Contudo, há cada vez menos opções viáveis, principalmente nas regiões metropolitanas, para a expansão da oferta hídrica.

A demanda dos sistemas públicos de abastecimento de água é função de três variáveis: perdas, desperdícios e consumo efetivo. Entretanto, devido à ausência de estudos destas variáveis, as projeções das demandas no Brasil são realizadas com base em números consagrados de consumo médio (*per capita*) presentes na literatura, advindos de países desenvolvidos ou de prestadores de serviço com experiência na área (MATOS, 2007).

Uma das ferramentas mais importantes para reduzir a pressão sobre os recursos hídricos consiste em melhorar a eficiência das utilizações da água existentes (GLEICK, 2010), ou seja, operacionalizar a gestão da demanda. Segundo Gleick (1996) as condições climáticas e de higiene, cultura e estilo de vida, dieta alimentar, natureza e tamanho da cidade, disponibilidade de recursos, proximidade da água ao domicílio, forma de acesso, medição do consumo, pressão na rede, tecnologia e renda, dentre outros, são fatores determinantes no consumo de água nas residências. Matos (2007) atribui a complexidade da interferência destes como causa da dificuldade para conhecer a cota *per capita* e a identificação do padrão de consumo de água no Brasil.

Corral-Verdugo (2003) pesquisou fatores psicológicos e situacionais em duas cidades do México. A pesquisa revelou que a posse de aparelhos e utensílios domésticos que consomem água promove o seu desperdício, apresentando uma correlação significativa com a renda familiar. Esta pesquisa mostrou que a escassez é uma motivação para conservar água e os indivíduos que vivem nesta condição desenvolvem maiores habilidades de conservação o que proporciona a redução do consumo de água.

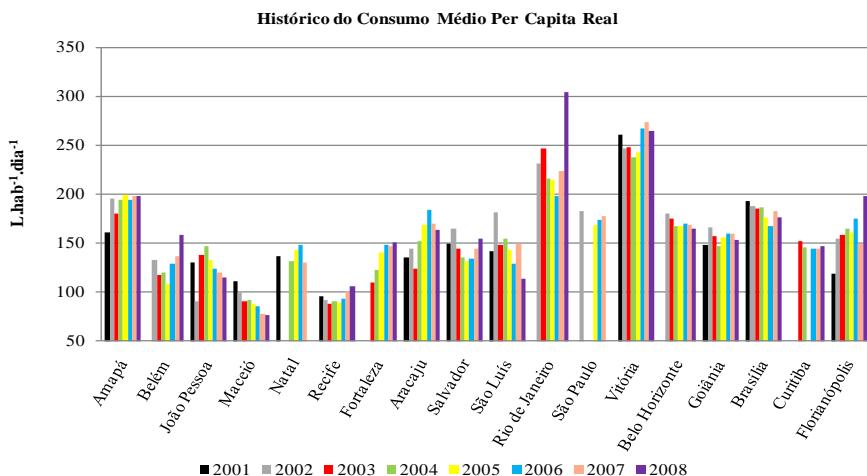
Moraes (1995) avaliando os fatores determinantes no consumo de água em áreas periurbanas de Salvador verificou que o gasto mensal com água, o número de moradores e tipo de ligação foram, entre as variáveis estudadas, são aquelas que melhor explicaram o consumo de água desta população. O consumo *per capita* real estimado variou, entre 33 e 87 L.hab⁻¹.dia⁻¹, com valor médio global de 48 L.hab⁻¹.dia⁻¹.

Com intuito de avaliar a opinião de moradores de em área de baixa renda de Salvador sobre consumo e uso racional da água Garcia *et al.* (2010) constataram que as medidas estruturais realizadas dentro dos domicílios, tais como fechar torneiras durante o uso, redução da freqüência do uso, redução do volume utilizado foram às ações citadas pelos entrevistados para o uso racional das águas, tendo como fatores motivadores a escassez e a economia na conta da água paga a concessionária.

Para Vairavamoorthy e Mansoor (2006) os instrumentos e ações de estímulo ao uso racional da água são distintos a depender do público alvo: para os usuários de alta renda são mais eficazes as ações como reuso intradomiciliar, pois o aumento do preço da água só é efetivo se combinada com extensivas campanhas de conscientização, para os demais consumidores (média e baixa renda) as ações mais efetivas são o preço da água e conscientização.

Gleick (1996) recomenda o volume de 50 L.hab⁻¹.dia⁻¹ para atendimento às necessidades básicas (necessidades de higiene, bebida e limpeza), contudo o consumo nos domicílios não se limita somente as necessidades básicas, devendo ser contemplado o volume necessários para atender outros desejos dos usuários que não podem ser desconhecidos, como por exemplo, um banho demorado para proporcionar relaxamento (CHEUNG *et al.*, 2009). Por outro lado, a demanda dos sistemas de abastecimento de água tem outros usuários tais como, comércios e indústrias, que devem ser consideradas.

Na Figura 1 são apresentados o consumo médio *per capita* real do período de 2001 a 2008 de algumas cidades brasileiras (SNIS, 2010). Dentre as cidades avaliadas Rio de Janeiro e Vitória foram aquelas que apresentam valores *per capita* médio superiores a 233 e 253 L.hab⁻¹.dia⁻¹, respectivamente, enquanto as cidades de Maceió e Recife foram aquelas que apresentaram menores valores, 89 e 94 L.hab⁻¹.dia⁻¹. Estes baixos valores dos consumos de água nestas cidades estão atrelados a crise do sistema de abastecimento de água o que ocasionou sérios racionamentos nestas cidades. Salvador apresentou tal indicador na ordem de 140 L.hab⁻¹.dia⁻¹, similar aos encontrados nas cidades de Curitiba e São Luiz. Considerando a referência de Gleick (1996), a população de Salvador desperdiçaria e/ou utilizaria cerca de 90 L.hab⁻¹.dia⁻¹ a mais em relação ao volume necessário para o suprimento das necessidades básicas.



Fonte: SNIS (2008)

Figura 1: Histórico do Consumo Médio Anual de Cidades Brasileiras

Seroa da Motta (2002) estudando o padrão de consumo, distribuição de renda e o meio ambiente no Brasil, observou que consumo de água por domicílio tende a aumentar com o nível de renda.

Por outro lado, Neri (2010) analisando os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística constatou que no Brasil no período de 2003 a 2009 o número de pobres reduziu de 20,5 milhões de pessoas e 29 milhões de pessoas ingressaram na nova classe média (Classe C). Dentre os bens de consumo pesquisados, a máquina de lavar roupas, equipamento de significativo consumo de água dos domicílios, foi o que mais cresceu neste período (32,61%). O estudo demonstra que a tendência do Brasil para os próximos anos é de continuação do crescimento da classe média. Assim, nos próximos anos, caso o consumo de água continue tendo correlação significativa com a renda espera-se que a demanda per capita aumente.

Outros fatores importantes para consumo e uso racional da água são os instrumentos legais. Conforme discutido anteriormente, foram inclusos na política de recursos hídricos princípios da sustentabilidade hídrica e da gestão da demanda.

Por outro lado, a Lei Nacional do Saneamento Básico (Lei nº 11.445/07) definiu como diretrizes a instituição de tarifas, preços públicos e taxas para os serviços, entre outras, visando à inibição do consumo supérfluo e do desperdício de recursos e o incentivo à eficiência. Entretanto, Garcia e Kiperstok (2010) observaram que nos domicílios assistidos pelo benefício da tarifa social (consumo inferior a 10m³) praticada pela prestadora dos serviços em Salvador, resultou no uso racional da água, uma vez que há domicílios que pagavam o mesmo valor que aqueles que consumiam volumes superiores a este limite, ou seja, a redução do volume consumido não refletiu no valor financeiro pago.

No Decreto 7.217/10 (art. 6º) da Lei nº 11.445/07 (Lei do Saneamento) – foi instituído que toda edificação permanente urbana deverá ser ligada à rede pública de abastecimento de água disponível em um prazo preferencialmente inferior a noventa dias ou o usuário estará sujeito às sanções, dificultando assim a inserção de fontes alternativas tais como, captação de água de chuva, reuso interno e fontes subterrâneas.

Uma barreira para gestão da demanda mencionada nesse decreto decorre da fronteira da responsabilidade dos prestadores dos serviços de água. Este limite termina nos eventuais instrumentos de medição, ou seja, reforça que o consumo efetivo e os desperdícios nos domicílios não são de responsabilidade dos prestadores dos serviços como se estes consumos não estivessem inclusos nas demandas dos prestadores dos serviços de água. Sanchez (2007) ao avaliar as perdas por vazamento intradomiciliar em edifícios multifamiliares identificou que elas atingiam valores de até 55% do volume total consumido.

A lei de saneamento ao definir que a prestação dos serviços públicos de saneamento básico deve obedecer ao princípio da continuidade, garantindo assim o fornecimento do abastecimento de água as populações de baixa renda a prazo e critérios que preservem condições mínimas de manutenção da saúde das pessoas atingidas, demandará por estudos para quantificação deste volume mínimo. Caso este seja definido corretamente, pode

vir a ser um instrumento importante na gestão da demanda de água, pois poderia ser um limite para diferenciação de preço da tarifa de modo que esta seja crescente com o aumento do consumo.

Recentemente, por meio da Instrução Normativa nº. 02/2011, o Ministério das Cidades estabeleceu como um dos requisitos para liberação de financiamentos para a ampliação do sistema de abastecimento de água, mutuários públicos, o percentual de perdas máximo (o maior entre valores percentuais das perdas na distribuição e faturamento). Neste documento ficou definido que os prestadores de serviços somente receberão recursos para ampliação destes sistemas, se este índice não superar 40%. Caso contrário será necessário incluir no respectivo projeto o componente de controle de perdas ou ter sua execução acompanhada pelo desenvolvimento de programa de redução de perdas.

De acordo com o Ministério das Cidades (SNIS, 2007) 60% das perdas reais e aparentes são recuperáveis e, a economia destas representa cerca de 4,4 bilhões de reais por ano, o que é bastante significativo quando comparado, por exemplo, demanda anual de investimentos em água e esgotos do Brasil para atingir a universalização em 2025 que é de aproximadamente 12,0 bilhões de reais por ano. Portanto, o controle das perdas se torna imprescindível no alcance desta meta e importante ação na redução das pressões dos recursos hídricos.

CONTROLE DE PERDAS

A redução da demanda de água dos sistemas de abastecimento de água envolve desde questões relativamente simples, como, fechar torneiras e reparar vazamentos visíveis nas ruas de forma rápida, ágil e efetiva às ações mais complexas, como por exemplo, mudança de comportamento e padrão de consumo dos usuários que necessitam maior tempo para obtenção de resultados e continuidade.

As perdas em sistemas de abastecimento de água, de acordo com o Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA, 2003), são agrupadas em reais (físicas) e aparentes (não físicas). Ressalta que todo sistema de abastecimento de água apresenta perdas, estas podem estar ou não dentro dos limites aceitáveis.

As perdas físicas correspondem ao volume de água produzido que não chega ao consumidor final, sendo ocasionadas por vazamentos nas adutoras, redes de distribuição, vazamento e transbordamento de reservatórios e, finalmente, fuga de válvulas e bombas (TABESH *et al.*, 2009). Tais perdas são referentes à parcela de água que não chega ao consumidor devido às falhas que ocorrem no sistema.

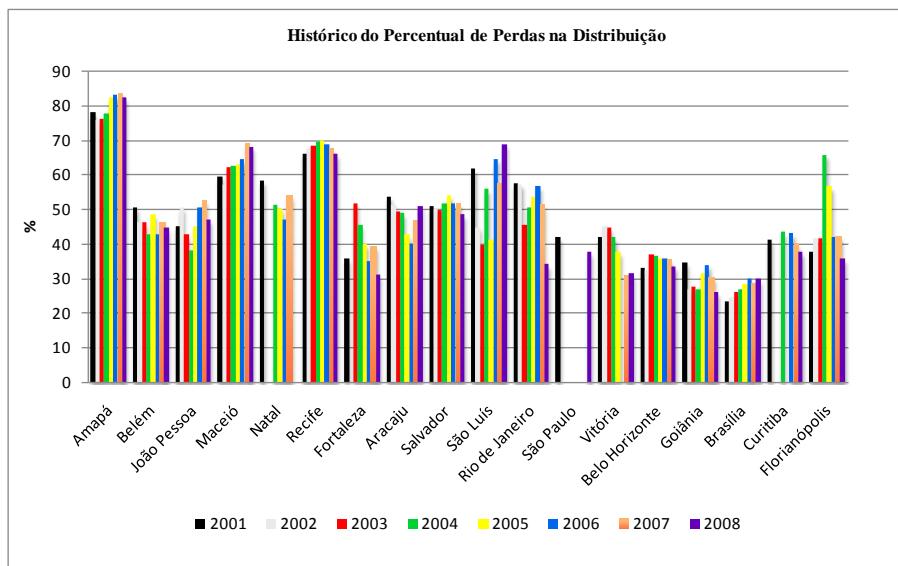
A quantidade de água perdida nos vazamentos é diretamente proporcional às características do orifício e das condições de operação do sistema (pressão), bem como sua duração, sendo esta a soma de três variáveis: conhecimento, localização e reparo (LAMBERT, 1998).

Thornton *et al.* (2008) afirmam as causas para ocorrência desses vazamentos estão: a baixa qualidade da infraestrutura, da mão-de-obra e de materiais; a manipulação/estocagem inadequada de materiais; um processo de reaterro de valas inadequado; as ondas de pressão ou transientes hidráulicos; a variação de pressão no sistema de distribuição, entre outras. Estes autores definiram as seguintes ações para reduzir tais perdas: rapidez e qualidade dos reparos, controle e detecção de vazamento, controle de pressão e de nível de reservatório e melhoria dos materiais e da manutenção, remanejamento e reabilitação das tubulações.

A automação do sistema de abastecimento de água é uma das ferramentas que contribui para a efetividade do controle efetivo das perdas físicas, uma vez que é possível monitorar e, portanto, conhecer, controlar e detectar vazamentos, controlar as pressões nos reservatórios e na rede de modo a diminuir o tempo dos reparos e aumentar a qualidade deste, bem como identificar quais são os pontos vulneráveis do sistema, estabelecer as ações prioritárias e assim realizar as melhorias necessárias.

O controle dos vazamentos é fundamentalmente uma ação inerente do prestador do serviço. Contudo, é necessário uma boa relação deste com os usuários do serviço de modo que estes possam comunicar aqueles quando da existência de vazamento. Os vazamentos podem ocorrer em todos os subsistemas do abastecimento de água, sendo originados principalmente por vazamentos nas tubulações, nos ramais e nas estruturas, na limpeza do poço de sucção, na lavagem de filtros e descarga de lodo, extravasamentos, entre outros, sendo as mais significativas àquelas provenientes da rede de distribuição, tendo como causa as instalações e principalmente as pressões (PNCDA, 2003).

Na Figura 2 são apresentados os percentuais de perdas na distribuição em sistemas de abastecimento de algumas cidades brasileiras. Observa-se maior eficiência nos sistemas das cidades de Brasília, Goiânia e Belo Horizonte.



Fonte: SNIS, 2008

Figura 2: Histórico das Perdas na Rede de Distribuição de Sistemas de Abastecimento de Água – Capitais Brasileiras

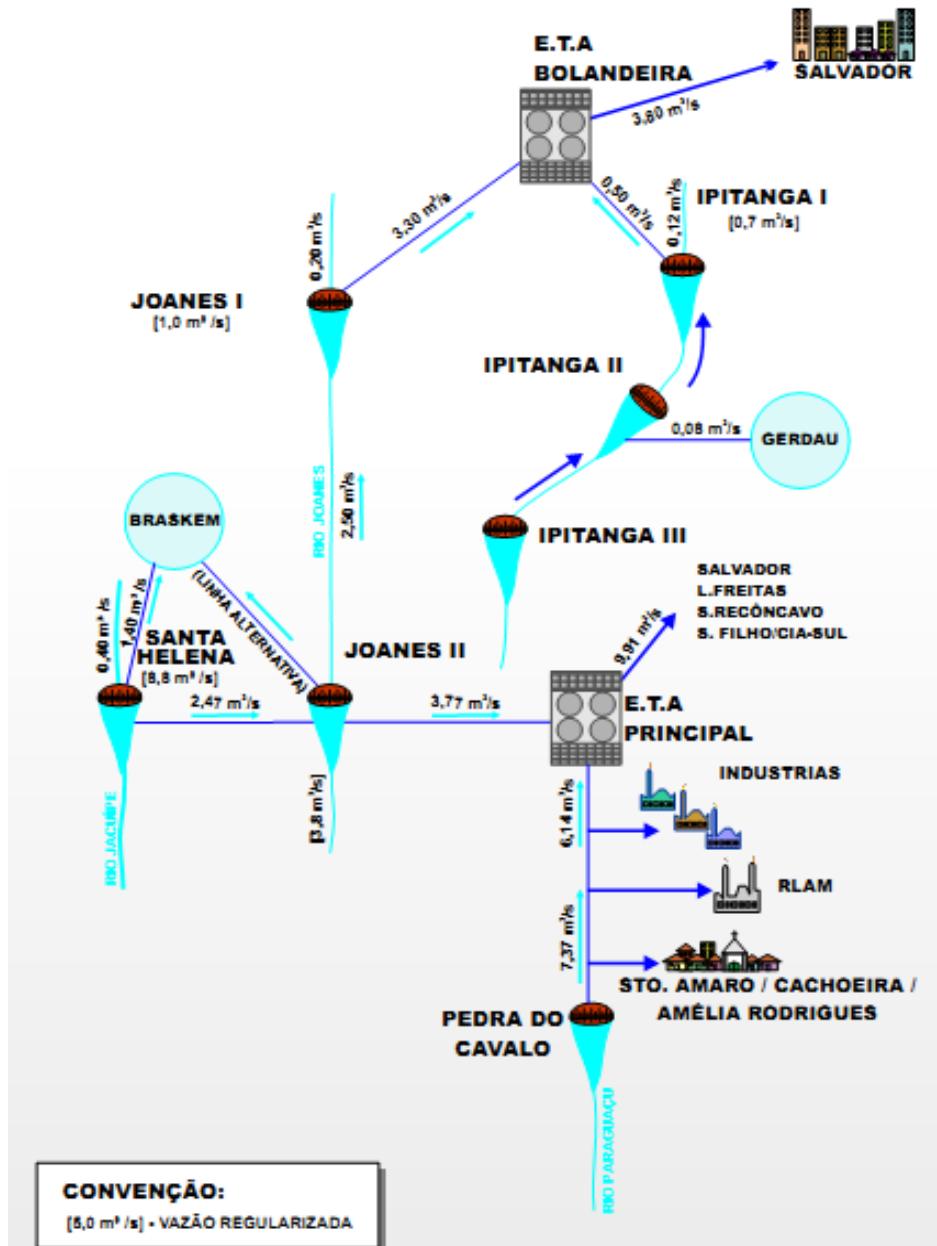
Por outro lado, as perdas aparentes se originam das ligações clandestinas ou não clandestinas, hidrômetros domiciliares defeituosos ou adulterados, falta de medição, fraudes nos hidrômetros e outros. Os fatores importantes na ocorrência das perdas aparentes: os erros de medição (macro e micromedição) e aqueles volumes destinados ao suprimento social. Entretanto, os volumes destinados ao suprimento social devem ser analisados cuidadosamente, visto que neste caso há consumo de água, inexistindo receita. Deste modo, a efetivação destas ligações não necessariamente irá reduzir o consumo de água, até por que em geral estas ligações são localizadas nas periferias das cidades, onde na maioria das vezes, tais ligações são atendidas por tarifas sociais. Isto não quer dizer que estes usuários apresentam consumo de modo a garantir a sustentabilidade dos recursos hídricos conforme observado por Garcia e Kiperstok (2010).

Dentre as ações para reduzir a demanda hídrica dos sistemas de abastecimento o controle dos vazamentos, sejam estes nas redes ou nos domicílios, deve ser as prioritárias em um programa de conservação e uso racional de água, pois tais ações diminuir os custos de produção - mediante redução do consumo de energia, de produtos químicos e outros - utiliza as instalações existentes para aumentar a oferta, sem expansão do sistema produtor (PNCDA, 2003) disponibilizando assim água para os demais usos.

As ações de controle das perdas aparentes bem como de redução do padrão de consumo, necessita de programas contínuos de educação ambiental para sensibilizar e mobilizar os usuários a mudar hábitos e costumes o que por sua vez demandam por um tempo superior, quando comparado ao de controle dos vazamentos, na obtenção dos resultados.

ESTUDO DE CASO - SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE SALVADOR

Atualmente, o sistema de abastecimento de água de Salvador é integrado com as cidades de Lauro Freitas, Simões Filho, Candeias, Madre de Deus e São Francisco do Conde e são abastecidos pelos reservatórios de Pedra do Cavalo (rio Paraguaçu), duas barragens no rio Joanes e três no rio Ipitanga (Figura 3).



Fonte: SEDUR (200-)

Figura 3: Fluxograma Atual do Sistema de Abastecimento de Água de Salvador

O sistema de abastecimento de Salvador tem como fonte majoritária as águas do reservatório de Pedra do Cavalo. Este reservatório abastece cerca de 60% desta cidade, indústrias químicas e petroquímicas e mais recentemente produz energia elétrica. As principais indústrias que utilizam águas deste manancial são a Refinaria Landulpho Alves (Petrobrás) e a Dow Química, sendo previsto, em 2014 e 2019, aumento da demanda somente desta primeira empresa (SEDUR, 200-). O sistema de abastecimento de Salvador atende cerca de 80 % da população, com extensão da rede de aproximadamente 5.000 Km e índice de perda de faturamento de quase 50% (SNIS, 2007) . A Tabela 1 são apresentadas as médias anuais dos volumes de água perdida na distribuição e do índice de perda na distribuição do sistema de Salvador do período de 1995 a 2008.

Tabela 1: Histórico Balanço Hídrico do Sistema de Distribuição de Água de Salvador

Ano de referência	Volume de água perdida na distribuição [1.000 m ³ /ano]	Índice de perdas na distribuição [percentual]
1995	322.295,0	54,24
1996	242.250,5	42,56
1997	224.584,5	41,59
1998	239.639,1	42,85
1999	236.043,0	42,89
2000	223.838,3	41,69
2001	214.427,9	41,29
2002	223.333,6	41,43
2003	223.328,6	39,89
2004	217.953,4	38,52
2005	229.956,8	39,43
2006	226.142,2	37,98
2007	229.598,3	37,50

Fonte: Série historia SNIS, (2007)

Observa-se que o índice de perdas na distribuição e o volume médio anual perdido reduziram ao longo dos anos. Contudo, estes valores ainda são elevados, uma vez que água perdida na distribuição já contempla custos com produtos químicos, recursos humanos, energia de transporte e toda a infra-estrutura do sistema. Considerando o volume de água perdida na distribuição em 2007 e o valor da tarifa média de água para o ano de 2007 de R\$ 1,71.m⁻³ (SNIS, 2007), observa-se uma perda equivalente a R\$ 390 milhões, valor superior ao total de investimento R\$ 30.055.000. Ressalta-se que na medida em que o índice de atendimento à água aproxima-se da universalização, os investimentos tendem a diminuir. Entretanto, como os dados do SNIS são fornecidos pelas prestadoras dos serviços, os dados disponíveis podem não ser confiáveis.

A prefeitura de Salvador está elaborando o Plano Municipal de Saneamento cujo horizonte do planejamento é até 2030. Neste planejamento as projeções de população e o consumo médio per capita (conforme apresentado na metodologia) foram às aquelas determinadas durante a revisão e atualização do Plano Diretor de Esgotos de Salvador e Lauro de Freitas. Dentre as ações possíveis de gestão da demanda, vem sendo admitido, apenas o controle operacional, cuja meta de perdas na distribuição a ser atingida em 2030 é de 30%. Adicionalmente, foi avaliada a disponibilidade hídrica dos mananciais que atualmente abastecem a Região Metropolitana de Salvador e daqueles com potencial de ser utilizados. Neste plano, foi admitido que as vazões disponíveis seriam às aquelas determinadas durante os respectivos projetos de cada barramento, considerando tais vazões serão permanentes durante o horizonte do plano.

Entretanto, *Genz et al.* (2011) avaliando o impacto das mudanças climáticas nas vazões de diferentes rios do Estado da Bahia para cenário SRES A2 do IPCC determinaram, para o período de 2070 a 2100, uma redução de 70% das vazões médias do rio Paraguaçu. Isto alterará o quadro de alocação de água bem como comprometerá o abastecimento de água de Salvador, pois conforme dito anteriormente, este manancial atende significativa demanda desta cidade.

Mesmo, desconsiderando os efeitos das mudanças climáticas sob os recursos hídricos, *Medeiros et al.* (2004) avaliaram a relação demanda/disponibilidade do sistema de reservatório a montante de Pedra do Cavalo para os anos de 2012 e 2022 utilizando para isto as demandas de projeto e, observaram que haverão falhas no atendimento às demandas dos reservatórios desta bacia a partir de 2012, com exceção aquelas de dois reservatórios a montante de Pedra do Cavalo (Baraúnas e São José do Jacuípe).

Faria (2003) realizou simulações de cenários na bacia do rio Paraguaçu, cuja área de estudo foi aquela de nascente ao reservatório de Bandeira de Melo, portanto, área a montante de Pedra do Cavalo localizada no rio principal desta bacia – o rio Paraguaçu. Os cenários foram construídos a partir da variação de prioridades de atendimentos às demandas dos usos a jusante do reservatório de Bandeira de Melo, de irrigação e armazenamento de água dos reservatórios de Apertado e Bandeira de Melo (Tabela 2). As demandas foram às aquelas estimadas nos projetos de barragem e condições operacionais dos reservatórios.

Tabela 2: Resumo dos esquemas de prioridades* para os cenários de alocação de águas

Descrição	C1	C2	C2	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12
RESERVATÓRIOS												
Apertado (AP)	50	50	50	50	50	50	50	50	25	3	40	40
Bandeira de Melo (BM)	50	3	50	60	50	50	5	50	50	3	40	40
Baraúnas (BA)	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Casa Branca (CB)	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
DEMANDAS												
Abastecimento - AP	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Abastecimento - BM	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Abastecimento - BA	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Abastecimento - CB	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Demandas Final	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99
Dessendentação - BA	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Dessendentação - BM	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Irrigação - AP	30	30	1	30	30	10	30	30	30	30	30	30
Irrigação - BM	30	30	30	30	30	10	30	30	30	30	30	30
Irrigação - BA	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Irrigação - CB	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Usos a jusante - BM	1	1	1	1	5	10	30	80	80	80	80	45
Vazão Ecológica - AP	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Vazão Ecológica - AP	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Vazão Ecológica - AP	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Vazão Ecológica - AP	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

*Quanto menor o valor, maior será a prioridade.

Fonte: Faria (2003).

Faria (2003) constatou que somente nos cenários 7, 8, 9, 10, 11 e 12 houve atendimento as demandas para abastecimento de humano, dessedentação animal e vazões ecológicas nos quatro reservatórios analisados. Esta autora observou ainda que caso haja uma imposição de garantia de vazões superiores a $22 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ para as demandas a jusante de Bandeira de Melo os cenários 8, 9, 11 e 12 não seriam os melhores.

Andrade (2006) avaliou a operação do reservatório de Pedra do Cavalo, considerando a sazonalidade das demandas (abastecimento humano, industrial, irrigação e geração de energia), a variabilidade de vazões afluentes, evaporação e precipitação direta no lago, as restrições impostas à geração de energia elétrica, os limites físicos e operacionais do reservatório e exigências ambientais. Neste estudo foram diagnosticadas situações potencialmente limitadoras à operação de captações de água existentes no lago, com ênfase ao abastecimento de água da Região Metropolitana de Salvador (RMS).

Os estudos citados anteriormente referentes à bacia do rio Paraguaçu foram realizados com base nas estatísticas das séries históricas de vazões medidas nos rios, admitindo subjetivamente, que tais séries são estacionárias e que tais amostras são representativas. Entretanto, Medeiros (2003) ao avaliar os impactos das mudanças climáticas na bacia do rio Paraguaçu observou reduções da precipitação e acréscimos na evapotranspiração potencial.

Mesmo diante desse contexto, o Plano Municipal de Saneamento Básico de Salvador, em fase de elaboração, define uma meta de redução de perdas na distribuição de Salvador para 2030 de 35% (SETIN, 2010), desconsiderando assim, alternativas de gestão da oferta e demanda, tais como: captação de água de chuva, redução das perdas aparentes e reuso de efluentes, assim como não faz menção à implementação de programas de incentivo a redução dos desperdícios entre os usuários.

Ainda nesse documento, há uma sinalização que aumento das demandas de água da Região Metropolitana de Salvador (RMS) será atendido pela Barragem de Santa Helena, através de reversão para o reservatório de Joanes II. Entretanto, um estudo conduzido GENZ *et al.*, (2010) sinaliza maiores impactos de redução de disponibilidade hídrica dos mananciais da bacia do Recôncavo Norte e, portanto, do rio Jacuípe onde está localizado o reservatório em questão, assim como dos rios Ipitanga e Joanes.

RESULTADOS

Conforme descrito na metodologia, foram construídos seis cenários de demandas do sistema de abastecimento de água de Salvador: 11; 12; 13; 21; 22 e 23. Os resultados das projeções da demanda do sistema de abastecimento de água de Salvador elaborados por meio da variação do consumo per capita real e de diferentes taxas anuais de redução de perdas na distribuição são apresentados na Figura 4. Observa-se diferença entre as séries de demandas projetadas inicialmente para o abastecimento de água de Salvador em função dos valores utilizados de consumo per capita da SEDUR (200-) e daqueles da série histórica do SNIS. Esta disparidade origina-se basicamente dos seguintes fatores: metodologias utilizadas (SEDUR parte de uma pesquisa por amostragem, enquanto o SNIS utiliza informações dos prestadores de serviço); temporariedade (SEDUR realizou a pesquisa em 1993, enquanto as informações do SNIS referem-se ao período de 2001 a 2008). Há, portanto, a necessidade de estudos sobre o consumo de água desta população para assim realizar o planejamento com valores mais próximos à realidade.

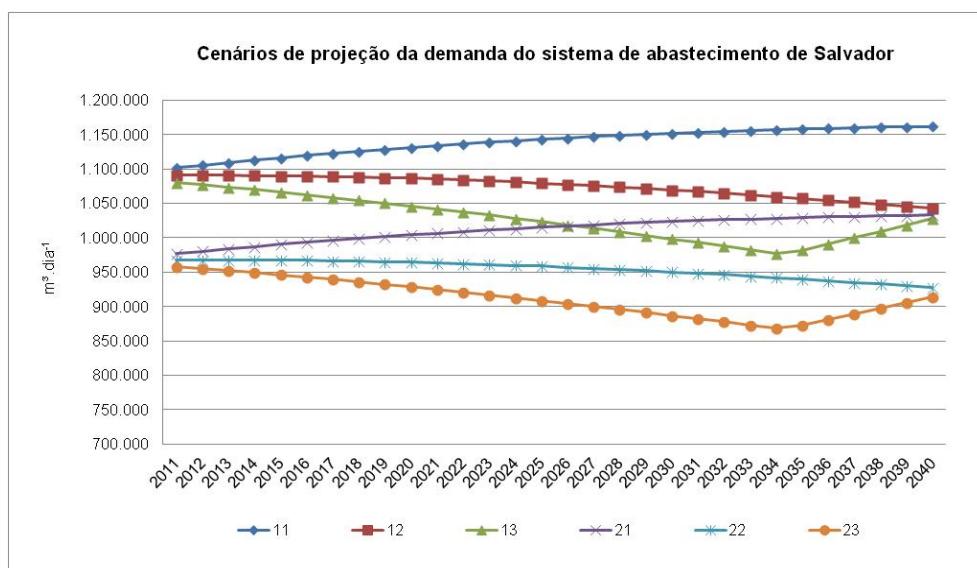


Figura 4: Cenários de projeção de demanda do Sistema de Abastecimento de Água de Salvador

Verifica-se (Figura 4) similaridade na tendência das curvas de projeções 11 e 21, 12 e 22, 13 e 23, pois são estabelecidas em função das mesmas metas de perdas adotadas para 2030. Assim, independente do valor do consumo médio per capita adotado a tendência das projeções 11 e 21 (meta de 35% de perdas na distribuição em 2030) são demandas crescentes, enquanto aquelas das projeções 12 e 22 (meta de 30% de perdas na distribuição em 2030) são demandas com pequeno declínio. As projeções 13 e 23 apresentaram demandas decrescentes (meta de 25% de perdas na distribuição em 2030) até 2035 e crescente nos últimos 5 anos. Este ponto de inflexão ocorre, pois em 2035 é o ano previsto para as perdas na distribuição atingirem o percentual de 20%. Como abordado na metodologia este foi o limite mínimo estabelecido de perdas na distribuição, nível no qual há uma estabilização do controle operacional, mas devido ao aumento de população há uma retomada do aumento da demanda.

Portanto, independente de qual valor do consumo per capita médio real do sistema de abastecimento de Salvador, entre as projeções avaliadas, somente por meio do controle operacional mais rígido e contínuo será possível compensar a demanda do crescimento populacional e ainda reduzir as pressões sobre os recursos hídricos durante o período de 2011 a 2040. Com a implementação de um plano de ação e efetivação para o cumprimento desta meta poderá ser possível o sistema de abastecimento de Salvador reduzir a demanda hídrica e atender ao incremento da demanda.

Dentre os usos consuntivos das águas do reservatório de Pedra do Cavalo, manancial que abastece cerca de 60% da Sistema Integrado de Abastecimento de Água de Salvador, a segunda maior demanda é a demanda industrial. Assim, na Figura 5 são apresentados os resultados da projeção da demanda industrial (SEDUR,

200-) e das reduções no uso da água determinadas pela diferença entre as demandas projetadas (12; 13; 21; 22 e 23) em relação à projeção 11.

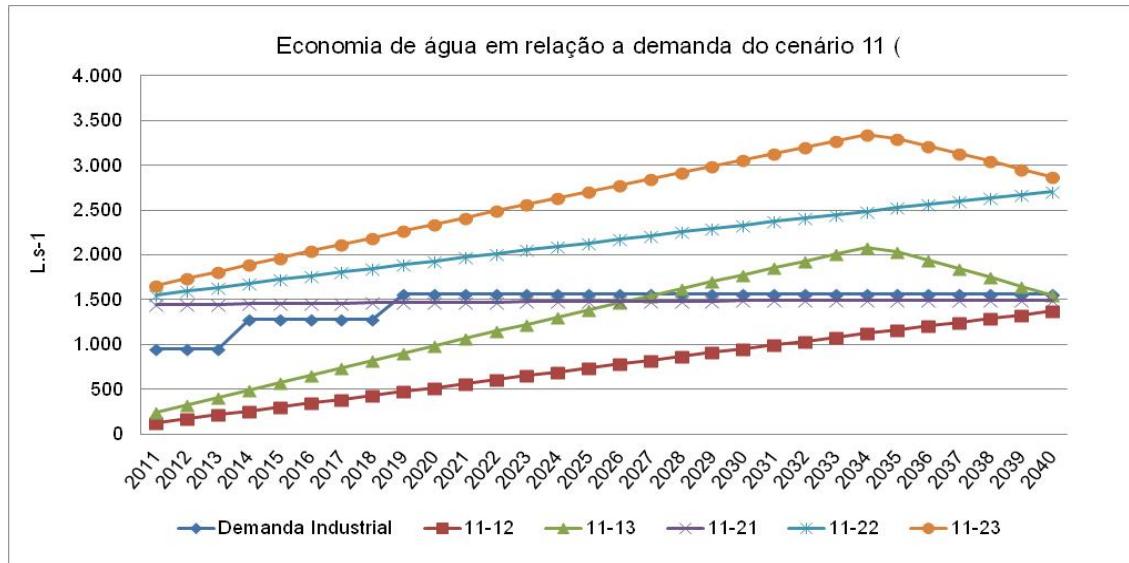


Figura 5: Reduções, em relação a projeção de demanda 11, da demanda por água do Sistema de Abastecimento de Salvador e demanda industrial atendida pelo reservatório Pedra do Cavalo

Verifica-se (Figura 5) que as economias resultantes das reduções da demanda do sistema de abastecimento de Salvador, referente as projeções cujo consumo per capita utilizado foi $150 \text{ L.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ e meta de redução de perdas para 2030 superiores a 30% (casos 11-22 e 11-23), seriam suficientes para atender a demanda do setor industrial, em todo horizonte simulado.

Na Tabela 3 são apresentados os resultados das reduções (11-12; 11-13 e 11-21) em relação ao atendimento das demandas hídricas da indústria, pelo reservatório de Pedra do Cavalo. Esta análise foi realizada para três períodos distintos, determinados em função dos anos em que estão previstos aumento da demanda industrial deste manancial.

Tabela 3: Relação entre redução das demandas projetadas em relação ao cenário referencial/ demanda industrial – [L.s⁻¹ (%)]

Períodos	Relação entre redução da demanda do sistema de Abastecimento/ Demanda Industrial		
	11-12	11-13	11-21
2011 – 2014 (1.030,1)	192,9 (18,72%)	369,7 (35,89%)	1.447,8 (140,55%)
2015 – 2018 (1.285,8)	366,2 (28,48%)	697,8 (54,26%)	1.460,6 (113,59%)
2019 – 2040 (1.262,8)	928,5 (59,41%)	1.580,6(101,14%)	1.483,6 (94,93%)

Segundo a Tabela 3, a economia resultante da redução da demanda entre a projeção 12 e 11 (11-12) para o período de 2019 a 2040 atenderia cerca de 60% da demanda industrial. A economia relativa às projeções 13 e 21 para este mesmo período seriam suficientes para atender mais de 100 e 94%, respectivamente, da demanda industrial, o que equivaleria uma economia média de mais de 1.480 L.s^{-1} .

CONCLUSÕES

Diante dos resultados encontrados, foi possível avaliar o impacto da redução das demandas do sistema de abastecimento de água de Salvador por meio de duas estratégicas de gestão da demanda: combate aos vazamentos na rede de distribuição de água e alteração dos consumo per capita.

Observou-se que independente do valor do consumo per capita médio adotado para projeção do sistema de abastecimento de Salvador, entre os cenários avaliados, somente por meio do controle operacional mais rigoroso, ou seja, meta em 2030 de perdas na distribuição de 25%, será possível suprir a demanda do crescimento população e ainda reduzir as pressões nos recursos hídricos. Esta meta poderá ser fundamental na redução dos impactos das redução de disponibilidade hídrica do reservatório de Pedra do Cavalo decorrente das alterações climáticas.

Notou-se ainda, para o período de 2019 a 2040, que a economia de água gerada dos cenários projetados em relação ao inicialmente projetado no Plano Municipal de Salvador seria suficiente para atender cerca de 40% a demanda industrial do reservatório de Pedra do Cavalo.

Com a implementação de um plano de ação e efetivação para o cumprimento de um controle de perdas mais rigoroso será possível o sistema de abastecimento de Salvador reduzir a demanda hídrica e atender ao incremento da demanda devido ao crescimento populacional.

Notou-se ainda a importância do compartilhamento das ações do prestador do serviço e dos usuários destes na redução das pressões dos recursos hídricos. Entretanto, devido aos cenários de redução da disponibilidade hídrica dos mananciais que abastecem esta cidade, fazem-se necessários estudos complementares, entre estes:

- o Avaliação da disponibilidade hídrica decorrente das mudanças climáticas dos mananciais que abastecem Salvador *versus* as demandas de cada cenário discutido nesse artigo a fim de avaliar o desempenho dos mananciais no suprimento da demanda de Salvador;
- o Análise econômico-financeira para avaliar os custos inerentes das ações necessárias para implementação de cada um dos cenários estabelecidos nesse estudo.
- o

REFERENCIAS

1. ANDRADE, Paulo Romero Guimarães Serrano. *Simulação da Operação do Reservatório de Pedra do Cavalo - BA, Para Múltiplos Usos, Considerando-se Níveis de Alerta: Contribuições Para Balizamento do Termo de Permissão de Uso e Operação do Aproveitamento Hidrelétrico*. In: VIII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. Gravatá - PE. 2006.
2. CHEUNG, Peter B. *Et al.*. Consumo de água. In: GONÇALVES, Ricardo Franci (Coordenador). *Uso Racional de Água e Energia: Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água*. Rio de Janeiro: ABES, 2009. Cap. 2, p. 36-98. 2009.
3. CORRAL-VERDUGO, V. *Determinantes psicológicos e situacionais do comportamento de conservação de água: um modelo estrutural*. Estudos de Psicologia, n. 8, p. 245-252. 2003.
4. FARIA, Alessandra da Silva. *Alocação Ótima dos Recursos Hídricos através da Aplicação de um Modelo de Rede de Fluxo*: Dissertação (Mestrado) Universidade Federal da Bahia. Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental Urbana. Escola Politécnica. 216p. Salvador. 2003.
5. GARCIA, Ana. *Et al.. Consumo domiciliar e uso racional da água em áreas de baixa Renda: pesquisa de opinião*. In.: I Congresso Baiano de Engenharia Sanitária e Ambiental. Salvador. 2010.
6. GARCIA, Ana. KIPERSTOK, Asher. *Fatores Determinantes do Consumo de Água em Residências de Baixa Renda: Estudo de Caso*. In: XXXII Congresso Interamericano de Ingenieria Sanitaria y Ambiental, AIDIS. Punta Cana. 2010.
7. GENZ, Fernando. TANAJURA, Clemente Augusto Souza. DE ARAÚJO, Heráclio Alves. *Impacto das Mudanças Climáticas nas Vazões do Rio Pojuca sob o Cenário A2 do IPCC - 2070 a 2100*. In.: I Congresso Baiano de Engenharia Sanitária e Ambiental. Salvador. 2010.
8. GENZ, Fernando. TANAJURA, Clemente Augusto Souza. DE ARAÚJO, Heráclio AlveS. *Impacto das mudanças climáticas nas vazões dos rios Pojuca, Paraguaçu e Grande – cenários de 2070 a 2100*. Bahia análise & dados, Salvador, v. 21, n. 24, p.807-823, out./dez. 2011. INSS 0103 8117.
9. GLEICK, P. H. *Basic Water requirements for human activities: meeting basic needs*. Water International, v. 21, p. 83-92. 1996.
10. GLEICK, Peter H. *Roadmap for sustainable water resources in southwestern North America*. Proceedings of the National Academy of Sciences USA, v. 107, n. 50. 2010.

11. LAMBERT, A.; MYERS, S.; TROW, S. *Managing Water Leakage – Economic and Technical Issues*. Financial Times, London, 1998.
12. LIEMBERGER, R. **Do you know how misleading the use of wrong performance indicators can be?** In: Seminário Internacional sobre programas de redução e controle de perdas em sistemas de abastecimento de água. Recife. 2002.
13. MATOS, Jennifer C. C. T. *Proposição de Método para Definição de Cotas Per Capita Mínimas de Água para Consumo Humano*. Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. 2007.
14. MEDEIROS, Yvonilde Dantas Pinto. *Análise dos Impactos das Mudanças Climáticas em Região Semi-árida*. Revista brasileira de Recursos Hídricos. V. 8, n.2, p. 127–136. 2003.
15. MEDEIROS, Yvonilde Dantas Pinto. Et al. **Relatório do Projeto Gerenciamento de Recursos Hídricos do Semi – Árido do Estado da Bahia. Subprojeto Sistema de Apoio a Decisão para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraguaçu**. Volume III. Capítulo 7. Salvador – Bahia. 2004.
16. Ministério das Cidades. *Termo de referência para elaboração de estudos de Concepção e projetos de engenharia para os Sistemas de abastecimento de água - diretrizes e parâmetros - Estudos e Projetos – 2011*. Disponível em: http://www.cidades.gov.br/ministerio-das-cidades/sistemática-2007/sistemática-pac-2/secretaria-nacional-de-saneamento/TR%20-%20EPSAA%20-%20EC_Proj%20baa1sico%20e%20executivo_2011.pdf. Acessado em 17 de abril de 2011.
17. MORAES, Luiz Roberto Santos. *Fatores Determinantes de Consumo Per Capita de Água em Assentamentos Humanos em Áreas Peri-Urbanas: Estudo e Caso*. In: congresso brasileiro de engenharia sanitária e ambiental. Salvador. 1995.
18. NASCIMENTO, N. O. HELLER, L. Ciência, tecnologia e inovação na interface entre as áreas de recursos hídricos e saneamento. Revista Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v. 10, n. 1, p. 36-48. 2005.
19. NERI, Marcelo Cortes. *A Nova Classe Média: O Lado Brilhante dos Pobres (The Bright Side of the Poor)*. Rio de Janeiro. Instituto Brasileiro de Economia /Fundação Getúlio Vargas. 2010.
20. PNCDA – Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. *DTA - Documento Técnico de Apoio nº A2 – Indicadores de Perdas nos Sistemas de Abastecimento de Água*. Versão Preliminar. Brasília – DF. 2003.
21. Porto, Claudio. Et al. **Quatro cenários para o Brasil 2005 – 2007**. Macroplan. 2005.
22. SEDUR, Secretaria de Desenvolvimento Urbano da Bahia. *Estudos de Aproveitamento dos Mananciais da RMS – Revisão e Atualização das Proposições do Plano Diretor de Abastecimento de Água, Incluindo o rio Pojuca, e Visando o Uso Racional dos Recursos Hídricos Regionais - Estudo de Demandas*. Relatório 1100.11-REL. EST. DEMANDAS-00. 73p. Salvador. 2007.
23. SEROA DA MOTTA, Ronaldo. *Padrão de Consumo, Distribuição de Renda e o Meio ambiente no Brasil*. Rio de Janeiro: IPEA (Texto para Discussão, 856). 2002.
24. SETIN, Secretaria Municipal dos Transportes Urbanos e Infraestrutura de Salvador. **Plano Municipal de Saneamento Básico. 1ª Etapa – Diagnóstico da Situação do Saneamento Básico de Salvador: Serviços de Água e Esgotamento Sanitário**. Salvador. 260p. 2010.
25. SNIS – Sistema Nacional de Informação Sobre Saneamento. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/PaginaCarrega.php?EWREterterTERTer=29>. Acessado em: 2 de abril de 2011.
26. TABESH, M. ASADIYANI YEKTA, A. H. BURROWS, R. *An Integrated Model to Evaluate Losses in Water Distribution Systems*. Water Resour Manage. V.23, p. 477–492. DOI 10.1007/s11269-008-9284-2. 2009.
27. THORNTON, Julian. STURM, Reinhard. KUNKEL, George. *Water Loss Control*. 2nd Ed. McGraw-Hill, New York, 632 p, 2008.
28. VAIRAVAMOOORTHY, K; MANSOOR, M. A. M. **Demand Management in developing countries**. In: BUTLER, D.; ALI MEMON, F. (Ed.). Water demand management. London: IWA Publishing, 2006. cap.8. ISBN 1-843390-78-7. 2006.