

AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA HÍDRICA DE FORTALEZA - VOL. 3

ESTUDOS TEMÁTICOS E SETORIAIS



**Prefeitura de
Fortaleza**
Instituto de Planejamento
de Fortaleza



FCPC
FUNDAÇÃO CEARENSE
DE PESQUISA E CULTURA



FORTALEZA2040

Fortaleza, Ceará
Julho de 2015

PREFEITURA MUNICIPAL DE FORTALEZA
INSTITUTO DE PLANEJAMENTO DE FORTALEZA - IPLANFOR
FUNDAÇÃO CEARENSE DE PESQUISA E CULTURA -FCPC

**PROJETO:
AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA HÍDRICA DE FORTALEZA -
FORTALEZA 2040**

Autores

Francisco de Assis de Souza Filho
Samíria Maria Oliveira da Silva
Sandra Helena Silva de Aquino
Daniel Antônio Camelo Cid

**RELATÓRIO PARCIAL Nº3 - DISPONIBILIDADE HISTÓRICA
DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO E NOVOS MANANCIAS**

**FORTALEZA /CE
Janeiro de 2016**

Sumário

1	APRESENTAÇÃO	4
2	DISPONIBILIDADE HISTÓRICA DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE FORTALEZA.....	6
2.1	E quando os deslocamentos em busca de água eram feitos por pessoas e animais... 6	
2.2	Avanços tecnológicos, deslocamento da água em parte da cidade e a persistências das cacimbas.	8
2.3	Fortaleza para além do centro e a permanência do dilema do abastecimento de água.....	11
3	NOVOS MANANCIAS COMO FONTES DE ABASTECIMENTO	16
3.1	Motivação e Estratégia Geral.....	16
3.2	Gestão da Oferta Hídrica	19
3.2.1	Águas superficiais	19
3.2.2	Águas subterrâneas	20
3.2.3	Reuso	22
3.2.4	Água de chuva	25
3.2.5	Dessalinização	28
3.2.6	Tratamento, distribuição e perda de água	32
3.3	Gestão da Demanda.....	42
3.3.1	Instrumentos Econômicos, Financeiros e Comportamentais	43
3.3.2	Tecnologias para boas práticas de uso da água.....	48
4	BIBLIOGRAFIAS	55

Lista de Figuras

FIGURA 1. VISÃO PANORÂMICA DA PRAÇA MARQUÊS DE HERVAL COM DESTAQUE PARA O CATA-VENTO AO LADO DIREITO. HOJE PRAÇA JOSÉ DE ALENCAR.....	9
FIGURA 2. PRINCIPAIS MARCOS DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE FORTALEZA NO SÉCULO XIX.....	10
FIGURA 3. PRINCIPAIS MARCOS DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE FORTALEZA NO SÉCULO XX.....	14
FIGURA 4. MODELO DE GESTÃO INTEGRADA DE ÁGUAS URBANAS.	18
FIGURA 5. PERFIL CONSTRUTIVO E LITOLÓGICO DE POÇO TUBULAR RASO EM ABREULÂNDIA, MUNICÍPIO DE FORTALEZA- CE.....	21
FIGURA 6. EXEMPLO DE PROJETO DE SEPARAÇÃO DE ESGOTO.	25
FIGURA 7. FORMAS CONSTRUTIVAS DE SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA.....	27
FIGURA 8. CUSTOS DE PRODUÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL EM USINAS DE DESSALINIZAÇÃO DE ÁGUA DO MAR.	30
FIGURA 9. SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA TÍPICO.	32
FIGURA 10. NÍVEIS DE PERDAS (REAIS E APARENTES).....	37
FIGURA 11. CUSTO TOTAL DECORRENTES DA PERDA DE ÁGUA.	38
FIGURA 13. CRUZ DE PERDAS REAIS.....	40
FIGURA 14. PERDAS VISÍVEIS, NÃO-VISÍVEIS E AÇÕES DE CONTROLE.	41
FIGURA 15. SÍNTESE DAS AÇÕES PARA O CONTROLE E A REDUÇÃO DE PERDAS APARENTES.	42
FIGURA 16. DETERMINANTES DO CONSUMO DA ÁGUA RESIDENCIAL.	47
FIGURA 17. AREJADOR ECONOMIZADOR PARA TORNEIRA.....	49
FIGURA 18. FUNCIONAMENTO DE UMA TORNEIRA HIDROME CÂNICA.....	49
FIGURA 19. ESQUEMA DE UM MICTÓRIO SEM USO DE ÁGUA E VISTA DO APARELHO.	52

1 APRESENTAÇÃO

Fortaleza é um município totalmente urbano com 2.452.185 habitantes (IBGE, 2010), PIB *per capita* de 16.963 reais calculado para o ano de 2011 (IPECE, 2014) e uma demanda hídrica de aproximadamente 10 m³/s. Juntamente com o município de São Gonçalo do Amarante, onde se localiza o Complexo Industrial e Portuário do Pecém, ele possui papel de liderança na dinâmica dos processos sociais, econômicos e políticos do estado do Ceará.

Em termos de planejamento, Fortaleza está inserida na Região Metropolitana de Fortaleza (RMF) compartilhando o abastecimento de água com os outros municípios dessa região. A oferta hídrica é composta por águas locais e inter-regionais, provenientes da bacia hidrográfica do Jaguaribe, assim como, futuramente, da transposição de águas do rio São Francisco.

O sistema de abastecimento da Região Metropolitana de Fortaleza, inicialmente, era composto por cinco reservatórios que somam uma capacidade de acumulação de 871 hm³, são eles: Gavião, Pacoti e Riachão, Pacajus e Aracoiaba. Devido ao crescimento da demanda, este sistema passou a receber águas provenientes da bacia do Jaguaribe formando o sistema Jaguaribe-Metropolitano.

Assim, o abastecimento dos diversos usos da água (humanos, industriais e de serviços) de Fortaleza é realizado pela oferta local e por águas advindas da transferência da bacia do Jaguaribe, chamado neste estudo de sistema padrão.

Este relatório apresenta na primeira seção uma narrativa sobre a história do abastecimento da cidade de Fortaleza como resultado de pesquisa bibliográfica/documental e realização de entrevistas abertas com informantes chaves. Na segunda seção, tem-se uma proposição e descritas de novas fontes de abastecimento de água para Fortaleza.

2 DISPONIBILIDADE HISTÓRICA DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE FORTALEZA

Esta seção trata da história do abastecimento da cidade de Fortaleza como resultado de pesquisa bibliográfica/documental e realização de entrevistas abertas com informantes-chaves. As ilustrações, enquanto narrativas de um tempo e espaço, serão compostas por imagens cedidas pelo Museu da Imagem e do Som-MIS, de arquivos específicos e de figuras postadas em um blog intitulado Fortaleza em fotos e fatos que agrega imagens do Arquivo Nirez. As imagens relativas ao abastecimento serão acrescentadas ao documento final. À esse documento serão acrescentados dados demográficos para caracterizar o processo de urbanização da cidade.

2.1 E quando os deslocamentos em busca de água eram feitos por pessoas e animais...

Narrar o processo de abastecimento de água de Fortaleza é ter em mente as dobras e as tessituras de uma história marcada por tensões, conflitos e práticas sociais não igualitárias de apropriação desse recurso. A narrativa apresentada neste documento descreve essa história mediante informações divulgadas em jornais, artigos e livros frutos de pesquisa bibliográfica/documental e, especialmente, relatos orais de interlocutores-chaves que se dedicaram a estudar esta cidade e seu processo de desenvolvimento. As informações obtidas por esses procedimentos metodológicos falam de concessões, estratégias e mecanismos técnicos para a distribuição da água, mas também de práticas cotidianas como preconiza Certeau (1994).

A cidade é o cenário, mas o que dá tom da história são as práticas cotidianas que envolvem a busca, o deslocamento e a distribuição de um líquido vital, em certo momento abundante, de livre acesso e que, paulatinamente, foi tendo um custo financeiro associado ao uso e acesso. Isso passa pela percepção que a história do abastecimento não se limita a implantação de uma rede de distribuição com tubos e conexões, está também foi feita por braços de escravos, populações não-escrava de baixa renda e por lombos de animais ou em carroças.

Compreender essa história requer perceber as conexões entre tempo e espaço, bem como as ligações entre próximo e distante. Inicialmente, as cidades nasciam e se desenvolviam as margens dos mananciais. Fortaleza não fugiu a essa regra.

As tentativas de colonização do território, do que depois se tornaria a cidade de Fortaleza, esteve condicionada a encontrar um lugar que tivesse água. Dois lugares foram encontrados: as porções de terra próximas aos riachos Pajeú e as do Jacarecanga. Como nos foi relatado em entrevista, embora a água deste último riacho fosse superior em termos de qualidade do que a do Pajeú, a existência de várias dunas móveis impossibilitou a fixação dos colonizadores no lugar com melhor qualidade de água, levando-os a optar por uma “cabeça de morro” próximo ao Pajeú que lhes possibilitava avistar o Mucuripe (local de parada dos navios) e ter acesso à água potável. Este morro era denominado Marajaitiba, sob o qual Matias Beck constrói o Forte Schoonerborch, que induz o surgimento de um pequeno povoado que, posteriormente se transformará na cidade de Fortaleza.

O abastecimento de água da Vila pelo riacho Pajeú se deu nas primeiras décadas do século XIX. Em alternativa ao uso dessas águas, Nobre (1978) nos conta que é construído o primeiro chafariz da Vila em 1813 em terreno particular de João da Silva Feijó, localizado próximo ao porto, na área denominada Prainha (especificamente na atual rua José Avelino). O cano passava por dentro desse terreno, indo até a praia, na época ficava na atual Avenida Pessoa Anta. Mas o uso desse chafariz esteve muito mais ligado ao abastecimento dos navios do que uma utilização ampla por parte da população em virtude da dificuldade de acesso devido a sua topografia. Importante destacar que nessa região onde se instalou o primeiro chafariz da cidade era uma área úmida, na qual também era feito o cultivo de flores.

Maia Neto (2014) relata que, vinte e três anos depois, surge um novo chafariz localizado no Largo do Palácio (hoje no local tem uma agência do Banco do Brasil e o Palácio do Comércio) que passa a ser utilizado de forma mais ampla pela população, cujas águas provinham de uma barragem construída no riacho Pajeú. Apesar de problemas de qualidade da água, a população continuou a se servir dessas águas e de outras localizadas mais distantes, tais como dos chafarizes da Prainha, da Lagoinha, do riacho do Jacarecanga e da Cacimba do Povo, situada no Outeiro. Nesse momento, as águas eram trazidas por escravos, trabalhadores livres de baixa renda, também chamados de “aguadeiros” para encher os potes das casas.

Ainda no século XIX, O referido autor afirma que existiam outras alternativas de abastecimento, a saber: cacimbas particulares, cacimbas compartilhadas entre vizinhos e cacimba de uso pública. A busca de água nas cacimbas públicas, como a Cacimba do Povo, era marcada por brigas e por práticas consideradas anti-higiênicas, que passam a

preocupar as autoridades e população da época que demandam providencias para evitar tais problemas. As soluções encontradas são o emprego de uma bomba com uma tina de metal e a contratação de zeladores para disciplinar o uso de tais águas e evitar o encontro demorado de escravos nas imediações das cacimbas (MAIA NETO, 2014).

Nas entrevistas realizadas para esse trabalho, um interlocutor menciona que todas as praças da cidade se originaram em terrenos que foram reservados para a escavação das cacimbas como estratégia, na época, para evitar a poluição. Esse tipo de intervenção urbana não é resultado de preocupação ambiental, mas de um modo objetivo de conceber os espaços da capital. Ao evitar problema de poluição com a proximidade de fossas, essas fontes deparam-se com problemas de como fazer a retirada da água à superfície. Surgem os cata-ventos na paisagem urbana, primeiro feitos de carnaúba. Com o avanço industrial aparecem os cata-ventos de metal e a ideia de fazer poços profundos. Tudo isso dentro do contexto do surgimento, inicialmente na Europa, da energia a vapor. Novidade que se espalha pelo mundo e também aporta em Fortaleza.

A água era trazida aos domicílios em lombos de jumentos, pelos aguadeiros e também pelos cata-ventos de metal. Estes fabricados por empresa americana eram instalados em residências de alto padrão e em comércios.

2.2 Avanços tecnológicos, deslocamento da água em parte da cidade e a persistências das cacimbas.

A partir da metade do século XIX, emerge o sistema de bombeamento de água oriundo do Sítio Benfica para chafarizes (Município-localizado na Praça do Ferreira, Garrote-situado na Cidade da Criança, Carolina-construído na Praça Waldemar Falcão e Patrocínio- encontrado na Praça José de Alencar) e para algumas residências. A existência desse sistema é precedida por um estudo sobre abastecimento pelo engenheiro Bertholt realizado em 1861. Quando em 1963, José Paulino Hoonholtz ganha a concessão de abastecimento por 50 anos que, posteriormente, repassa para uma empresa estrangeira (Ceará Water Company).

Importante ressaltar que a concessão particular para o abastecimento não suplanta as formas tradicionais de obtenção de água na medida em que não há uma universalização do sistema de distribuição. Inclusive, a população de baixa renda não dispõe de recursos financeiros suficientes para pagar por tal serviço. Nesse aspecto, é relevante afirmar que “em Fortaleza o fornecimento de água até 1926 ainda era efetuado em lombos de jumentos, com depósitos de madeira” (JUCA, 2000, p. 116).

Outro fato importante na história do abastecimento de Fortaleza é a participação de uma empresa inglesa, intitulada Ceará Water Company, responsável pela exploração e comercialização da água. Esta era captada no sítio Benfica e bombeada gravitacionalmente para o centro da cidade. Esse sistema entra em colapso devido à seca de 1877 e a empresa solicita o cancelamento do contrato com o governo.



Figura 1. Visão Panorâmica da Praça Marquês de Herval com destaque para o cata-vento ao lado direito. Hoje Praça José de Alencar.
Fonte: Arquivo Nirez (2010).

Segundo Jucá (2000) no início do século XX, o engenheiro João Felipe Pereira elaborou um novo projeto de abastecimento para cidade durante a gestão do governo Accioly. Mas a deposição deste impediu a execução do projeto, embora tenha sido construída as duas caixas de água situadas nas proximidades da atual Praça da Bandeira (conhecida antigamente como Praça do Encanamento), que na época era o ponto mais alto que permitiria fazer a água fluir por gravidade em direção ao Centro. A implantação implica em tensões e conflitos com a população, quando são ordenados os aterramentos das cacimbas para que o acesso e a distribuição fossem feitas apenas pela Ceará Water Company.

Com a impossibilidade de extrair água do solo em função da baixa do lençol freático provocado pela seca de 1877, a Companhia estrangeira se afasta e começam novamente a serem cavados cacimbas com a importação de arcos de pedras devido a característica arenosa do solo. Um exemplo de construção desse tipo pode ser observado, ainda hoje, na Praça do Ferreira. Associada a isso há a difusão do cata vento metálico que como nos lembra um interlocutor da pesquisa “rangiam de dia e noite”.

Era na verdade, um invento que, de certa forma desobrigava as pessoas de maior poder aquisitivo de fazer força ou pagar pela força de um indivíduo, transferindo essa função para o vento, bastante abundante na capital.

Um fato curioso mencionado em entrevista refere-se ao projeto elaborado pelo cearense João Felipe Pereira na gestão Accioly. Ao abrir as valas para colocar os canos de esgoto, o governo é derrubado em 1912 e estas passam a servir de trincheiras. Depois tudo fica abandonado.

As descrições apresentadas anteriormente sobre a história do abastecimento de Fortaleza permitem afirmar que as águas ainda eram obtidas localmente. Algumas situadas um pouco mais distante da área central, mas sempre dentro da malha urbana da Vila, posteriormente da Capital. Havia uma conexão marcada por uma relação de proximidade entre lugares de moradia, comércio e fontes de água na medida em que a cidade ainda não havia se espraiado para além da área que atualmente compõe o Centro. Nesse contexto, a população de Fortaleza que em 1860 era de 8.000 habitantes, passou para 100.000 habitantes dezessete anos depois. Esse aumento significativo, contam os historiadores, é fruto da emigração do interior em direção à Fortaleza devido a seca de 1877, que dentre outros impactos, ocasionou a falência da companhia de abastecimento da cidade (Ceará Water Company) em função da baixa do lençol freático, inviabilizando a exploração de água subterrânea. Os principais marcos podem ser observados na Figura 2.

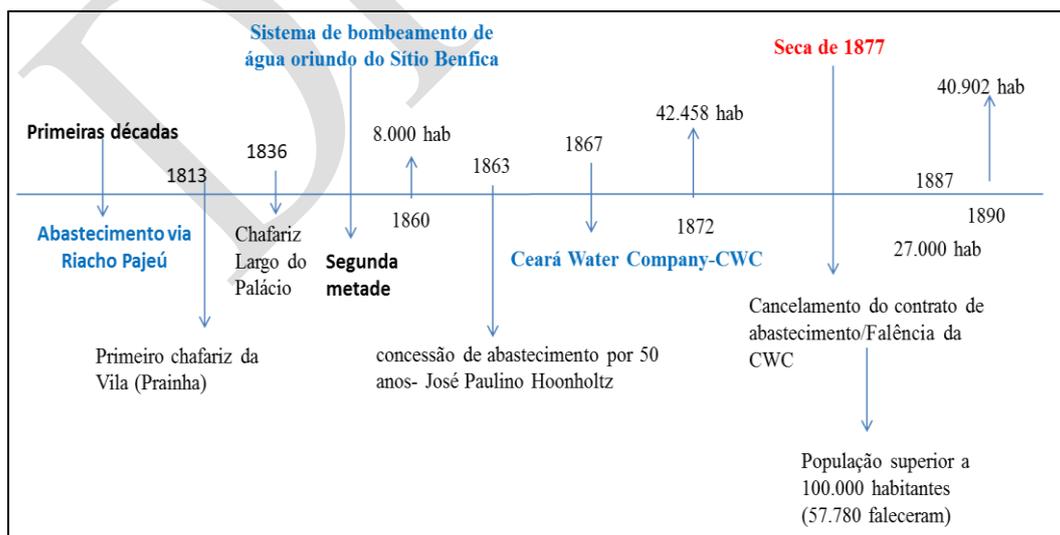


Figura 2. Principais marcos do abastecimento de água de Fortaleza no Século XIX

2.3 Fortaleza para além do centro e a permanência do dilema do abastecimento de água

O processo de expansão inicial se dá em 1915 para o bairro do Jacarecanga, quando a fronteira demarcada pela Avenida Imperador é ultrapassada pelas elites locais em virtude da chegada dos chamados retirantes da seca. Posteriormente, tal migração se verifica para a Praia de Iracema e para o bairro do Benfica, sendo este último ocupado em menor escala a partir do ano de 1920 (CORDEIRO, 1996).

Em 1923 é inaugurado o serviço de água e esgoto fornecido por uma empresa americana, sem que a área atendida pelo reservatório Acarape tivesse sido ampliada, o qual foi construído entre a primeira e segunda década do século XX. Disso decorre, a continuidade de venda de água em carroças pela cidade, exceto nas áreas beneficiadas pelo encanamento de água domiciliar como nos relata Juca (2000).

Em 1927 havia o açude Acarape do Meio, na serra do Baturité que drenaria a água para capital até chegar às caixas de águas próximas à Faculdade de Direito da Universidade Federal do Ceará, já citada anteriormente. Esse período marca a fase inicial que parte da cidade terá um sistema de água e esgoto.

A década de 1930 marca a existência de dois processos importantes para esta narrativa. O primeiro refere-se ao dinamismo pelo qual passa Fortaleza no ano de 1932 empreendido pelo crescimento urbano e populacional, que se revela por uma ocupação significativa da cidade na direção oeste, embora a ampliação da infra-estrutura básica não tenha ocorrido paralela à essa expansão. Esta marca e altera a paisagem da capital que passa a ter valorizações distintas de alguns espaços (SILVA, 1992). O outro elemento é uma nova tentativa de abastecimento de Fortaleza, dessa vez com ampliação da área a ser atendida. Mas o trabalho realizado pela empresa Saturnino de Brito sofreu paralizações devido à falta de recursos financeiros do estado, comprometendo que tal ampliação se efetivasse de modo significativo.

Segundo Juca (2000) “até 1942, Fortaleza dispunha de 6.000 m³ diários de água fornecida pelo açude Acarape, sendo ampliada a linha adutora no final da década, por Saturnino de Brito, a fim de atingir 8.000 m³” (JUCA, 2000, p. 117). Algumas ações recomendadas no plano desta empresa não foram implementadas em função da situação financeira do Estado. Mais uma vez, a rede de abastecimento não passou por melhorias significativas. Mantiveram-se poços, cacimbas, cacimbões, muitos situados próximos as fossas domiciliares.

Contudo, em 1954, o governo estabelece novo contrato com esse escritório para ampliar o serviço de água e esgoto. Nesse momento, o fator proximidade com a fonte de abastecimento perde relevância na medida em que novas técnicas de captura e deslocamento de água chegam à cidade a partir da década de 1940. Mas as águas trazidas do Acarape chegam sem força para subir para as caixas de águas devido a problemas de deterioração dos encanamentos. Em 1959 é celebrado pelo governo do estado um novo contrato com essa mesma empresa que resultou na construção de uma adutora, mas que não foi capaz de solucionar os problemas de abastecimento da cidade, que mantém o bombeamento de poços e cacimbas.

“A dificuldade de água potável e o obsoleto sistema de fornecimento persistiam em Fortaleza. Além do parco atendimento, limitado à área central e imediações, a água salobra - popularmente denominada ‘água pesada’ - levava os moradores, que não dispunham de recursos para construir cisternas, ou depender das carroças d’água, que percorriam diferentes bairros, vendendo água de melhor qualidade. Por isso o serviço de abastecimento dependia muito mais da iniciativa particular do que do poder público (JUCA, 2000, p. 120).

O dilema de abastecimento de água da cidade se agrava nos anos 1970, quando começam a surgir os primeiros núcleos comerciais na área da Aldeota e ao longo da avenida Gomes de Matos no atual bairro do Montese (SOUZA, 1978). Mas, sobretudo, devido ao forte processo de urbanização, início da verticalização para além do centro e reforço da industrialização pela Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste - SUDENE e pelo Banco do Nordeste-BNB, que se torna premente repensar o sistema de abastecimento da cidade e agora de sua região metropolitana.

Em relação ao processo de verticalização é importante destacar o depoimento de outro informante chave que relata que por Fortaleza ser uma cidade plana e nos 1970 a ter tido significativa construção de edifícios, a distribuição de água foi diretamente afetada. No interior dos edifícios foram construídas cisternas que armazenam as águas para distribuir nas áreas molhadas dos condomínios e de suas unidades, acarretando o desabastecimento, algumas vezes, das casas situadas em seu entorno ou nas imediações. Daí, alerta que é mais fácil faltar água em casas (principalmente se não tiver cisterna) do que em edifícios.

Nessa mesma década, surge a Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE através da Lei 9.499, de 20 de julho de 1971, que no período de 1977 a 1978 constrói o emissário submarino de Fortaleza e em 1981, o sistema Pacoti-Riachão-Gavião segundo dados oficiais.

Na década de 1990 um novo reservatório se junta aos demais para melhorar o abastecimento da cidade. Trata-se do açude Pacajus que data de 1992. No ano seguinte, a cidade de Fortaleza e sua região metropolitana sofrem ameaça de desabastecimento em decorrência da instalação de grave quadro de seca que demanda ações do Governo para evitar o colapso de abastecimento. A ação do governo volta-se para a construção em tempo recorde do Canal do trabalhador, mas que apresenta problemas de infraestrutura.

A captação por este Canal é realizada no município de Itaiçaba e barragem do mesmo nome de águas vindas dos reservatórios Orós e Banabuiú, localizados na região hidrográfica do Jaguaribe. É o início da transferência de água de lugares que ultrapassam a Região Metropolitana de Fortaleza –RMF. Com o desenvolvimento de técnicas de captação de água por meio de tubulações, canais e adutoras, a cidade deixa, paulatinamente, de estar presa ao fator de localização, estabelecendo novas conexões entre próximo e distante. Cada vez mais as águas são trazidas de lugares distantes do espaço físico da RMF em função do seu padrão urbano-industrial, que, inclusive, caracteriza a vida de grandes centros urbanos do país.

Segundo dados da CAGECE, o Programa SANEAR I foi executado entre os anos de 1996 a 1998 com a finalidade de ampliar o atendimento com serviços de esgotamento sanitário, instalar hidrômetros em Fortaleza e a construir uma “estação de pré- condicionamento de esgoto – EPC”. Entretanto, não houve universalização desse serviço para toda a cidade.

Nos anos 2000, a transferência de água entre as bacias do Jaguaribe e metropolitana é reforçada com a construção do Eixão das Águas, cujo trajeto vai do açude Castanhão, situado em Alto Santo, até o Complexo Industrial e Portuário do Pecém-CIPP. Esta obra possui cinco trechos que foram construídos no período de 2004 a 2014.

Na Figura 3 é apresentada uma síntese dos principais marcos da história do abastecimento de água da cidade de Fortaleza no século XX. Nela é possível observar que a cidade passa por um significativo aumento populacional que se adensa,

inicialmente na área central, mas que aos poucos a cidade experimenta uma ampliação da sua área urbana para além do centro.

No meio desse processo de expansão urbana, há que se observar que a seca de 1932 teve um impacto significativo nas emigrações do campo-cidade, contribuindo para o aparecimento das primeiras favelas de Fortaleza, dentre elas a do Lagamar em 1933. O aumento populacional e a industrialização impõem a necessidade de busca de água em lugares que extrapolam os limites físicos da cidade. Inicia-se a primeira transferência de água para a Capital, oriunda do Vale do Acaraú do Meio, que será posteriormente seguida por tentativas de ampliação da rede de abastecimento até que outra seca (1993) coloca a cidade na iminência de colapso de abastecimento, sendo feito a drenagem de água da região do Jaguaribe via canal do trabalhador.

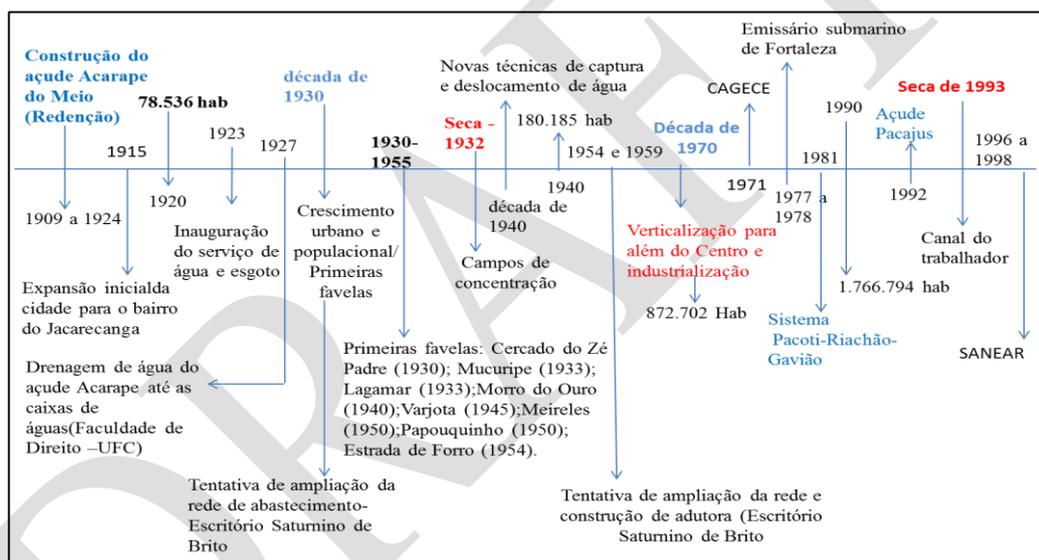


Figura 3. Principais marcos do abastecimento de água de Fortaleza no Século XX

Ao refletir sobre a história do abastecimento da cidade percebe-se que as práticas cotidianas, sejam dos moradores ou poder público, representados por técnicos na área da engenharia civil expressam dilemas, desafios, conhecimentos, mas também “artimanhas de caça não autorizada” como nos fala CERTEAU (1994).

O acesso à água sempre foi perpassado por tensões e conflitos que evidenciam o drama entre o abastecimento e não abastecimento, revelando formas desiguais de uso e acesso. Esta figura como desafio na atualidade em função dos processos industriais e do modo de usos e ocupação do solo urbano que tem implicado no aterramento ou contaminação dos seus mananciais, tornando a cidade historicamente dependente de águas trazidas de lugares que extrapolam seu limite físico, inclusive do próprio estado,

haja visto que às águas transferidas da região do Jaguaribe serão somadas as que serão deslocadas do Rio São Francisco. A percepção desta situação de dependência sinaliza para a possibilidade de realização de estudos e busca de alternativas para lidar com a crescente escassez de água em um contexto sustentabilidade social, econômica e ambiental. Esse quadro de possibilidade se desenha com a utilização de técnicas de saneamento básico, reúso e dessalinização da água enquanto elementos que apontam saídas, mas que devem ser pensadas a partir da realidade local para que não se transformem em mero transplante de tecnologia sem considerar as especificidades locais (históricas físicas e sociais).

DRAFT

3 NOVOS MANANCIASIS COMO FONTES DE ABASTECIMENTO

3.1 Motivação e Estratégia Geral

O risco de falha no abastecimento de Fortaleza devido tanto a variabilidade e mudanças do clima quanto ao crescimento e adensamento população comentados nos Relatórios Parciais nº1 e nº2 ressalta a necessidade de utilização de novas fontes de água e do desenvolvimento de um gerenciamento integrado das águas em meio urbano.

De acordo com Bahri (2012), os objetivos da gestão de águas urbanas são garantir o acesso à água e a infraestruturas e serviços de saneamento, gerenciamento de águas pluviais e da drenagem, controle de doenças e epidemias de veiculação hídrica, além da minimização do risco de sinistros relacionados à água: inundações, secas e deslizamentos de terra, sem perder o foco da prevenção da degradação dos recursos.

Na integração preconizada para esta gestão deve-se considerar de modo inter-relacionado: (i) os componentes do ciclo hidrológico, (ii) os aspectos quantitativos e qualitativos dos recursos hídricos, (iii) as três esferas de poder, (iv) as políticas públicas e (v) os setores econômicos e privados. Aliado a todos esses elementos há de haver a integração dos aspectos social, econômico e de proteção do meio ambiente no âmbito de visão de desenvolvimento.

A gestão integrada de águas urbanas tem, assim, um papel crescente na sustentabilidade das sociedades humanas. A introdução de tecnologias inovadoras, sistemas de gestão e arranjos institucionais para atender múltiplos objetivos de equidade, integridade ambiental e econômica eficiência, ao mesmo tempo oferecendo alto nível de serviços de água para os residentes urbanos, é uma tarefa de peso neste tipo de gestão (NIEMCZYNOWICZ, 1999). Assim, esse modelo tem como futuros desafios o de organizar a cooperação intersetorial com atores diversos, nos sistemas de educação, programas de ajuda, hábitos sociais, políticas, estrutura e gestão das sociedades. Para tanto, inicialmente, a formulação e esclarecimento dos objetivos dessa mudança, junto a todos os atores envolvidos, é indiscutivelmente necessários, já que é ela quem irá indicar o azimute para as ações futuras.

Deste modo, essa seção objetiva apresentar um modelo conceitual da utilização de novas fontes de abastecimento de água para Fortaleza pautado no contexto de gestão integrada de águas urbanas. Nesse modelo enfatiza-se o desenvolvimento de estratégias para a gestão da oferta e da demanda de água. Na gestão da oferta busca-se a utilização

de novas fontes de água para o abastecimento da cidade. A gestão da demanda envolve todas as ações relacionadas aos usos econômicos e sociais da água e à sustentabilidade ambiental. Aspectos como a conservação da água (uso racional) e a flexibilidade dos usos são dimensões relevantes dessa gestão.

O modelo de gestão integrada de águas proposto para Fortaleza está exposto na Figura 4. Por este modelo, o abastecimento da cidade será realizado por quatro meios: águas interestaduais (oriundas da transposição do São Francisco), águas inter-regionais (provenientes da bacia do Jaguaribe), águas locais do sistema atual de abastecimento e águas locais de fontes alternativas (reuso, águas pluviais, águas subterrâneas e dessalinização).

As águas oriundas do sistema de abastecimento de água bruta futuro (Sistema São Francisco-Jaguaribe-Metropolitano) são direcionadas para o açude Gavião a qual é feita a captação para as Estações de Tratamento de Água (ETA-Gavião e ETA-Oeste). Saindo da ETA, a água é transportada e distribuída por meio de estações elevatórias, centros de reservação, conjunto de conexões, peças especiais e condutos até os lotes urbanos.

No lote urbano, a água é utilizada e transformada em esgoto. Este é direcionado para as Estações de Tratamento- ETE ou para o emissário submarino. Nesse modelo, o esgoto passa a ser um recurso aproveitável por meio de três alternativas: (i) reuso de águas cinza (água das torneiras, duchas, chuveiros) no lote urbano, (ii) reuso nas estações de tratamento de esgoto e (iii) reuso da parcela do volume de esgotamento direcionado ao emissário submarino.

Outro recurso aproveitável na cidade são as águas pluviais. Neste sentido, faz-se necessário a implantação de sistemas de captação e utilização dessas águas nos lotes urbanos e de técnicas estruturais de drenagem compensatória como: bacias de retenção, retenção e infiltração; trincheiras, valas, valetas e pavimentos permeáveis.

O esgoto e as águas pluviais têm ocasionado problemas sistemáticos para Fortaleza como inundações, cheias e contaminação de corpos hídricos. Esta cidade possui seu solo totalmente impermeabilizado impedindo que uma grande parcela de águas da chuva seja absorvida e armazenada no subsolo. Portanto, toda a água de chuva escoar superficialmente e se infiltra na rede coletora pelos poços de visita e caixas de ligações domiciliares. Contudo, Fortaleza não possui infraestrutura suficiente para permitir o escoamento de água de chuva em galerias apropriadas. Em períodos chuvosos, águas pluviais, que deveriam ser drenadas, são lançadas nas redes de esgoto,

acarretando na saturação da mesma, o que ocasiona o transbordamento do esgotamento sanitário. Em controvérsia, o esgoto muitas vezes é destinado à rede de drenagem pluvial ocasionando a contaminação de rios, córregos e das águas subterrâneas.

Deste modo, o uso de águas pluviais e reuso de águas de esgoto tem seus benefícios tanto na gestão de secas sendo fontes alternativas de abastecimento para uso não potável quanto na gestão de cheias urbanas por meio da redução do volume de esgoto e das águas pluviais.

Outro manancial alternativo para o abastecimento dos lotes urbanos bem como, do Complexo Industrial do Porto de Fortaleza, são as águas subterrâneas. A captação dessas águas se dará através de poços perfurados no domínio hidrogeológico de dunas/paleodunas.

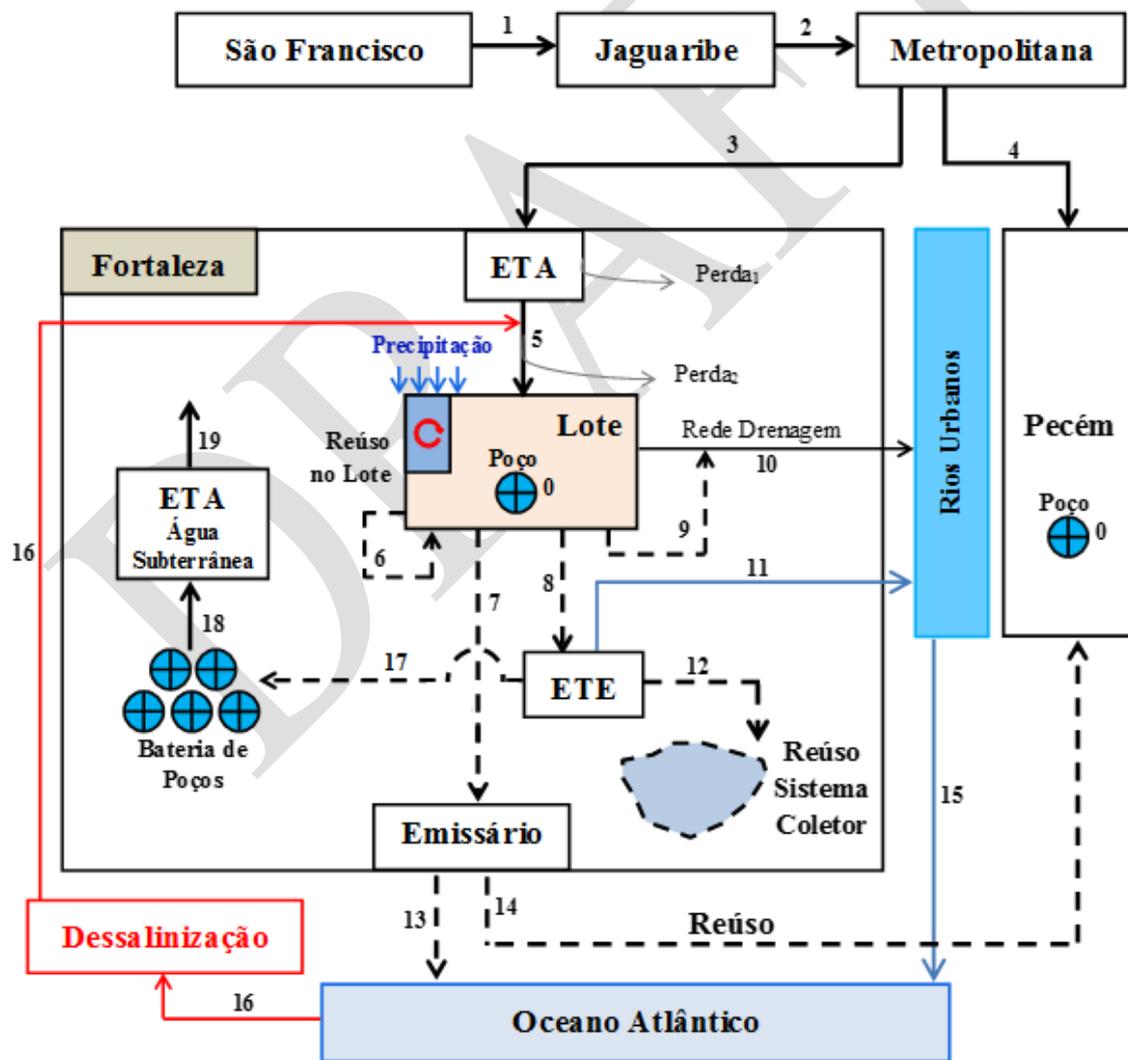


Figura 4. Modelo de Gestão Integrada de Águas Urbanas.

Contudo, o reuso e as águas pluviais possuem um risco de falha devido a sua correlação com o total de precipitação, isto é, em anos secos, o volume de água bruta destinado a ETA é reduzido ocasionando a diminuição da vazão destinado aos lotes urbanos e, por consequência a menor produção de esgoto. Além disso, o volume de água de chuva que poderia ser aproveitamento também se reduz. Assim, o reuso e a utilização e água de chuva deixam de ser eficazes enfatizando a necessidade de um manancial complementar para o abastecimento de Fortaleza. Nesse modelo propõe-se como fonte complementar a dessalinização da água do mar.

Cada uma das fontes alternativas citadas no modelo e as ações para a gestão da demanda hídrica serão descritas os itens subsequentes.

3.2 Gestão da Oferta Hídrica

3.2.1 Águas superficiais

A multiplicidade de usos dos recursos hídricos do sistema Jaguaribe-Metropolitano torna-o um sistema bastante complexo e difícil de operar. A definição de uma política de operação dos reservatórios é de grande importância e contribuirá para a gestão eficiente dos recursos hídricos disponíveis das regiões.

A análise das simulações mostrou uma elevada perda de água por vertimento e, também, por evaporação na bacia metropolitana. Esta perda deu-se, em grande parte, pelo excedente de água transferida da região do Jaguaribe. Assim, faz-se necessário a criação de política de transferência entre as duas regiões de forma a minimizar as perdas (evaporação e vertimento) e maximizar os benefícios da utilização da água, tornando o sistema eficiente nos múltiplos usos. Esta política de transferência é baseada em gatilhos operacionais, que, quando acionados, disparam a ordem de transferência entre as bacias envolvidas.

Diversas técnicas de otimização podem ser utilizadas para a identificação de uma regra de operação ótima para sistemas de reservatórios. A literatura mostra a utilização de diferentes técnicas de otimização para soluções em recursos hídricos, tais como Programação Linear, Programação não Linear, Programação Dinâmica, Algoritmos Evolucionários, Algoritmos Heurísticos, entre outros.

Em regiões que apresentam alta frequência de ocorrência de períodos secos de afluência adota-se uma operação de reservatórios baseada em salvaguardas. Este modelo de operação visa prolongar a disponibilidade do recurso hídrico impondo

acionamento a alguns usos antes do reservatório atingir o colapso. Esta medida pode contribuir para o aumento da frequência de falhas (frequência de vezes que o reservatório não conseguiu atender sua demanda plena), em contrapartida, diminuirá a vulnerabilidade dessas falhas (soma dos déficits de atendimento do período de falhas).

3.2.2 Águas subterrâneas

Uma das formas de aumentar a oferta hídrica de Fortaleza é a utilização de águas subterrâneas por meio de poços. O domínio dunas/paleodunas citado anteriormente como o aquífero de maior vocação aquífera podem ter suas águas captadas por poços rasos, com profundidade inferior a 20 metros, perfurados normalmente em 10'' e revestidos em 6'' e 4'', que produzem vazão médio de 6,0m³/hora mas, que pode alcançar até 15 m³/hora segundo Cavalcante (1998).

A Figura 5 expõe perfil construtivo de um poço tubular raso, que retrata o projeto de poços para o domínio dunas/paleodunas. Ressalta-se que todos os campos de dunas estão susceptíveis a presença predominante de níveis arenosos com intercalações de níveis argilosos devido ao reflexo da variação da energia eólica de deposição.

Silva *et al.*(2007) apresentou a distribuição de poços e para os tipos litológicos aluvionar, cárstico, cristalino e sedimentar em todas as bacias hidrográficas do estado do Ceará conforme a tabela Tabela 1. Observa-se que a Região Metropolitana de Fortaleza não possui poços cárstico e conforme citado na seção 4, o município de Fortaleza não possuem seu espaço sobre o domínio cristalino.

Poços de aquífero sedimentar apresentam valores de capacidade de vazão a ser retirada e produtividade específica bem superior àqueles localizados no cristalino. Porém, os coeficientes de variação dos primeiros são bem mais acentuados que os do cristalino. Mais, apesar de maior potencial para exploração, são necessários estudos mais aprofundados em áreas de embasamento sedimentar.

Outro aspecto importante diz respeito à profundidade. Os poços do cristalino são mais rasos. Também, comparativamente, os poços da província costeira são mais rasos e mais produtivos que os poços do cristalino. Isto sugere grande potencial de exploração.

O mesmo autor estimou os valores médios de vazão, profundidade, percentual de poços em operação, produtividade específica e condutividade elétrica das águas dos poços para Fortaleza.

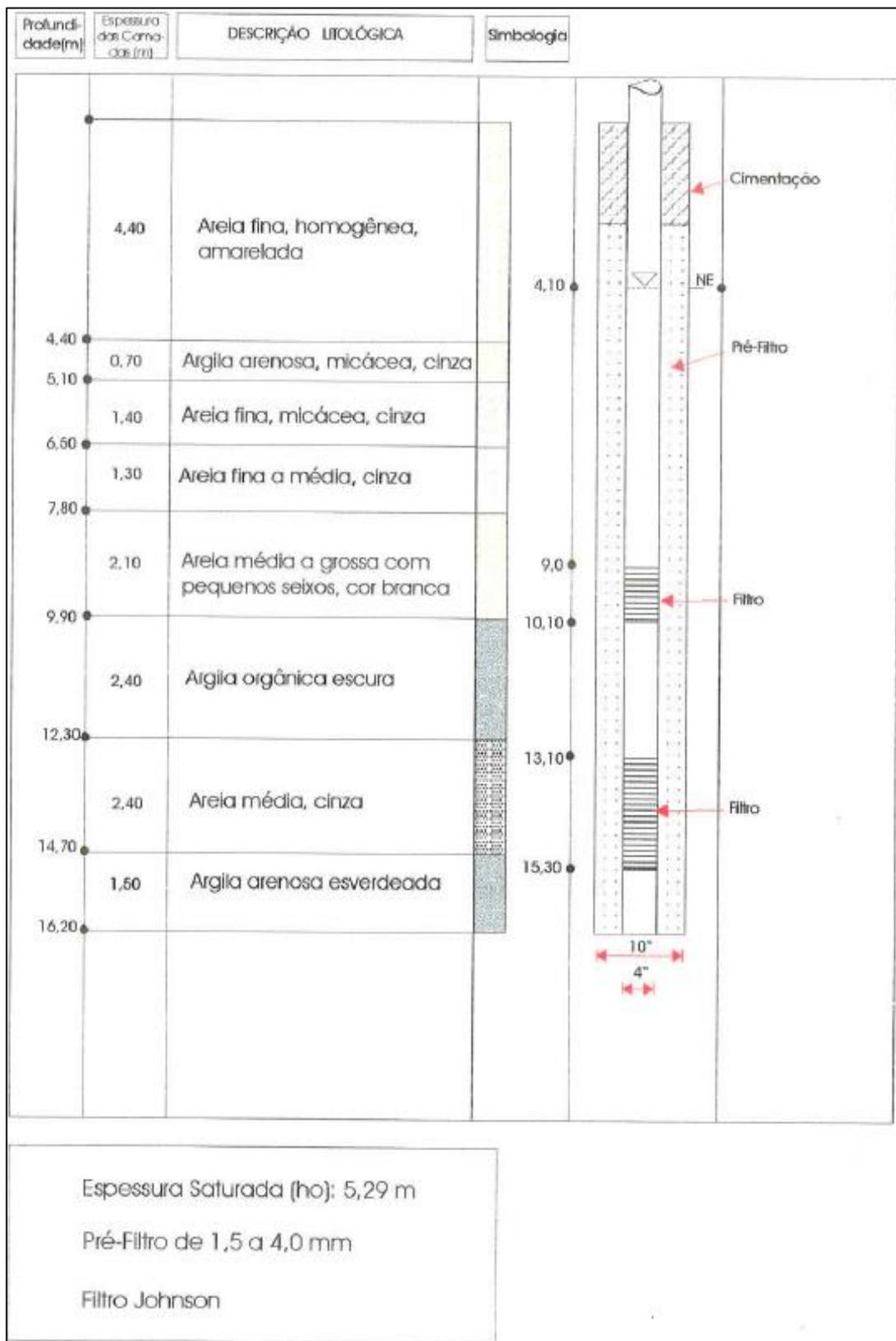


Figura 5. Perfil construtivo e litológico de poço tubular raso em Abreulândia, município de Fortaleza- CE.

Fonte: CAGECE/IPLANAT, 1978.

Tabela 1. Distribuição de poços nas bacias hidrográficas cearenses de acordo com o tipo litológico.

Bacia	Característica litológica dos poços (%)			
	Aluvionar	Cárstico	Cristalino	Sedimentar
Acaraú	11,1	-	13,1	10,7
Alto Jaguaribe	28,3	-	9,5	5,8
Banabuiú	20,1	-	11,7	0,1
Baixo Jaguaribe	2,4	93,0	3,8	11,7
Coreaú	0,9	-	3,6	4,5
Curu	4,0	-	9,0	4,2
Litoral	0,5	-	2,9	6,0
Metropolitana	1,7	-	29,1	21,0
Médio Jaguaribe	6,4	7,0	4,5	-
Parnaíba	23,2	-	8,2	8,1
Salgado	1,4	-	4,5	27,9

Fonte: Silva *et al.*, (2007).

Tabela 2. Valores médios das principais características de poços instalados em municípios do Ceará

Características dos poços	Fortaleza
Vazão (m ³ /h)	2,75
Poços em operação (%)	96
Profundidade (m)	43,5
Qe (l/h.m)	142,7
Condutividade elétrica (mS/cm)	0,71

Fonte: Silva *et al.*, (2007).

Vale ressaltar que os estudos relativos a água subterrânea são muito antigos e de fato não se sabe o real número de poços instalados em Fortaleza e nem o volume de reserva explorável. Vários parâmetros influenciam no cálculo de reservas das águas subterrâneas, tais como precipitação pluviométrica, tipo de aquífero, características dimensionais e hidrodinâmicas do meio e qualidade de água. Assim, no planejamento devem ser feito associado a estudos de uso e ocupação do solo.

3.2.3 Reuso

O reuso de água no contexto da gestão integrada de águas urbanas tem dois papéis, o primeiro de aumentar a oferta hídrica e o segundo de reduzir o volume de esgoto.

Existem várias formas de reutilização de água, normalmente agrupados em reutilização potável, facultativa e não potável conforme Coutinho (2009).

A primeira diz respeito à reutilização da água para consumo humano. Esta aplicação é feita somente em casos críticos de escassez de água e implica elevados custos, devido ao elevado grau de tratamento necessário para evitar riscos na saúde pública nomeadamente devido à possibilidade de aparecimento de microrganismos patogénicos e de elementos químicos indesejáveis.

Na reutilização facultativa inclui-se a manutenção dos cursos de água e a recarga de aquíferos com águas de reuso.

A reutilização não potável pode englobar a reutilização industrial, em aquicultura, agrícola e urbana. Na reutilização industrial as águas residuais podem ser aproveitadas em atividades de refrigeração, construção pesada, lavagem de equipamentos e espaços públicos e em águas inerentes aos processos industriais (COUTIMHO, 2009). Para a aquicultura, os nutrientes contidos nas águas residuais podem ser utilizados para promover o crescimento de organismos aquáticos, aumentando a produtividade nos cultivos.

O uso de águas residuais na agricultura, denominado “Cultivo com águas negras”, é referido em Países como Austrália, França, Alemanha, Índia, Reino Unido e EUA, já no final do Séc. XIX. Nos últimos 20 anos verifica-se um interesse acrescido no uso destas águas para irrigação, principalmente em regiões áridas e semiáridas, dado a escassez de outras fontes de água e à necessidade de aumentar a produção de alimentos (OMS, 1989).

A reutilização urbana é caracterizada pela utilização das águas residuais domésticas tratadas em combate a incêndios, limpeza pública e residencial, jardinagem, manutenção de ar-condicionado, usos diversos na construção civil, desentupimento e lavagem de redes de águas residuais, manutenção de lagos decorativos e descarga de autoclismos, entre outros (Santos-Oliveira, 1995; Lazarova *et al.*, 2003).

Para fins urbanos, o reuso já é realizado em algumas companhias do setor de saneamento brasileiro que utilizam a água proveniente das estações de tratamento de esgotos (ETE Penha/CEDAE e ETE ABC/Sabesp), principalmente no consumo interno, na lavagem de centrífugas das próprias estações de tratamento ou na desobstrução e desentupimento de redes de esgotos sanitários e galerias pluviais (SANTOS, 2003).

No caso da utilização interna nas edificações, o reuso de águas cinza é o mais recomendável, já que essas águas possuem qualidade superior aos esgotos comuns. As

águas cinza são os efluentes provenientes do uso de chuveiros, lavatórios, bidês, tanques e máquinas de lavar roupas, excluindo os esgotos da cozinha e as águas negras, que são os efluentes das descargas dos vasos sanitários (HAFNER, 2007).

A reutilização de águas cinza tende a contribuir com a redução do consumo de água potável, do volume de contaminantes do solo e do volume de esgoto gerado apresentando-se como uma alternativa atrativa em termos econômicos e ambientais.

Nas edificações com reuso, o sistema hidro-sanitário é concebido de forma a coletar as águas residuárias segregadas em águas cinza e águas negras. Assim, As águas cinza e as águas negras (provenientes dos vasos sanitários) são coletadas por tubulações distintas e conduzidas a tratamento diferenciado. Esse processo de separação de efluentes por diferentes aparelhos hidro-sanitários foi denominado Saneamento Ecológico por Bazzarella (2005). Um exemplo desse processo pode ser visualizado na Figura 6.

Deste modo, considera-se para Fortaleza 2040 a possibilidade de reutilização de água de três maneiras: reutilização de águas cinza nos lotes urbanos, reutilização na Estação de Tratamento de esgoto para recarga de rios urbanos e reutilização do emissário submarino para uso industrial.

O emissário submarino de Fortaleza foi construído na década de 70 e tem a função de transferir para o oceano todo o esgoto coletado da estação de Pré-Condicionamento de Esgoto. É constituído por uma tubulação de 1.500 mm em aço revestido por concreto e apresenta um comprimento de 3.205 m. Nos 600 metros finais do mesmo, estão localizados 120 difusores na extremidade do emissário com 10 cm de diâmetro a uma profundidade de 16 m (PREFEITURA DE FORTALEZA, 2014a).

O tratamento dos efluentes lançados no oceano se dá por três fases distintas, utilizando-se a capacidade de autodepuração das águas marinhas: dispersão, que ocorre quando os esgotos são expelidos pelos difusores; diluição, que ocorre por conta da diferença de densidade da água salgada e doce e decaimento bacteriano, onde bactérias contidas no esgoto não sobrevivem ao ambiente marinho.

Fortaleza lança através do interceptor oceânico 2 a 3m³/s de esgotamento. A proposição de reutilização desse efluente tinha sido feito inicialmente pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará no Plano de Gerenciamento das Águas das Bacias Metropolitanas (COGERH, 1998). Nesta proposta, a reutilização do esgotamento sanitário de Fortaleza que é lançado no mar seria um reforço para o abastecimento de indústrias do Porto do Pecém. A distância média de 35 km do ponto final de

concentração de esgotos domésticos até a estação da CAGECE no porto do Pecém é de 35 km.

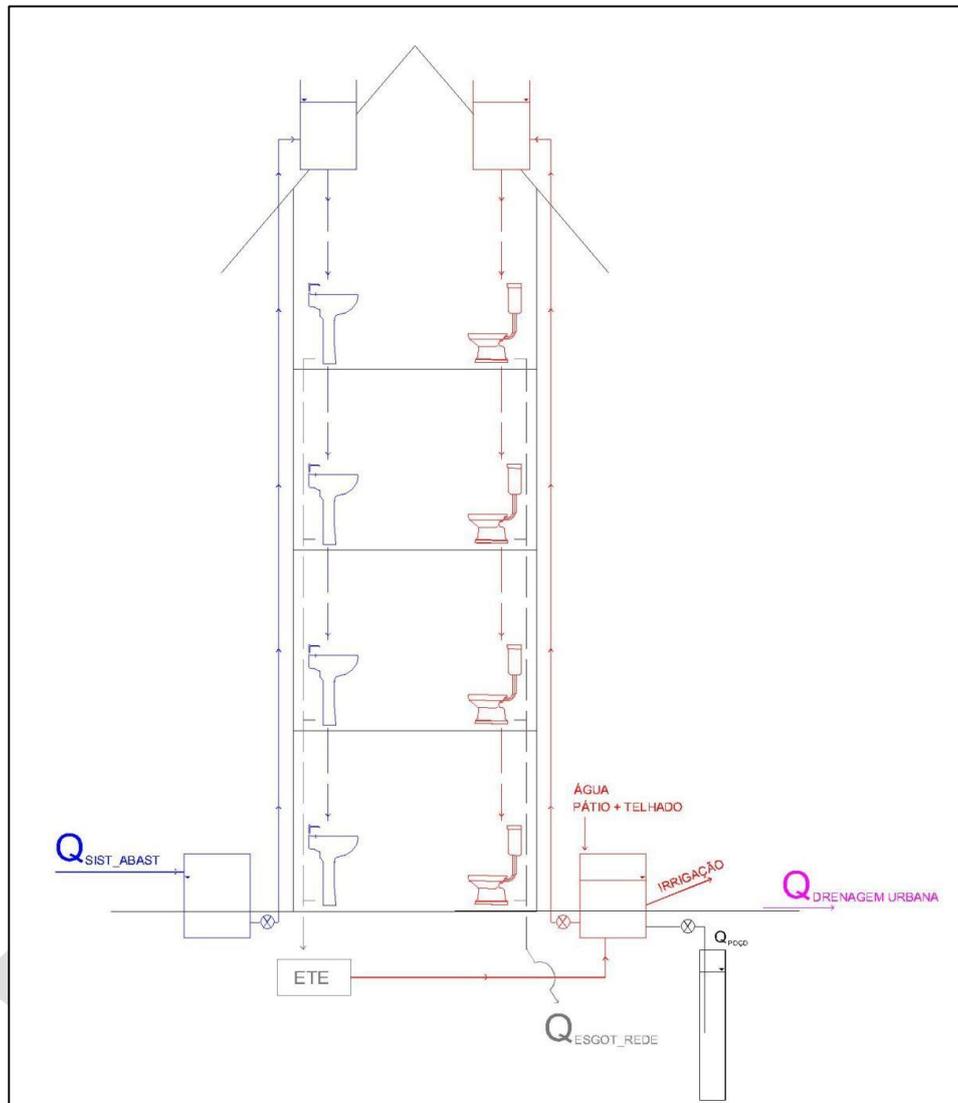


Figura 6. Exemplo de projeto de separação de esgoto.

3.2.4 Água de chuva

O aproveitamento de água de chuvas ressurgiu nos grandes centros urbanos sob duas motivações: a conservação de água no abastecimento público e a obrigatoriedade de acúmulo de água de chuva em locais com grandes áreas impermeabilizadas como tentativa de evitar picos de cheias durante eventos de chuvas intensas (ZANELLA, 2015).

De modo geral, os sistemas de aproveitamento de água de chuva possuem três componentes: a superfície de captação da água, o sistema de condução e o reservatório de armazenamento. Em relação as características hidráulicas dos fluxos, esses sistemas podem ser construídos de quatro formas segundo Herrmann e Schmida (1999), são elas: sistema com fluxo total, com derivação, com volume adicional de retenção e com infiltração no solo (Figura 7).

No sistema com fluxo total, todo o fluxo é destinado a um dispositivo de gradeamento e filtragem, e depois ao reservatório sendo que o sistema irá contribuir para a rede pluvial apenas quando o reservatório estiver cheio. No sistema com derivação são instalados dispositivos que derivam o escoamento de modo que os detritos e sedimentos sejam destinados à rede pluvial. Já o terceiro tipo diferencia-se primeiro por possuir um volume de retenção onde a água é armazenada temporariamente e escoada lentamente para a rede pluvial, amortecendo, assim, a vazão lançada à rede. O sistema com infiltração é considerado, de forma ampla, o mais adequado, pois independe da existência e das condições da rede pluvial, e recarrega os reservatórios de água subterrânea contribuindo para o restabelecimento dos fluxos hidrológicos naturais.

O volume de água a ser aproveitado nos sistemas não é o mesmo que é precipitado. Esse volume vai depender tanto da quantidade precipitada quanto do tipo e da área de cobertura nos lotes urbanos (área de captação).

A superfície de captação em lotes urbanos geralmente são telhados, mas podem incluir outras áreas pavimentadas. Os telhados em geral são de folhas de ferro galvanizado (FFGs), telhas de cerâmica de barro ou de folhas de amianto.

Devido ao material da cobertura utilizada pode ocorrer perdas de água por vazamento, por saturação bem como por evaporação que são praticamente constantes. As perdas são representadas por um coeficiente de escoamento que indica a parcela efetiva da precipitação que é transformada em escoamento. Conforme Dornelles (2012), o projetista deve ponderar a determinar do coeficiente de escoamento. Para o caso de sistemas utilizados para o abastecimento deve-se optar por um valor mais baixo e para atuar como um dispositivo de redução de alagamentos estima-se um valor mais alto. Os coeficientes apresentados na literatura científica tendem a variar de 0,75 a 0,95.

O material utilizado na superfície de captação pode contribuir para a contaminação físico-química da água enquanto o acesso de pessoas e animais colabora para o aumento da contaminação biológica. Conforme Heijnen (2015, p. 81), a

qualidade da água pode variar também dependendo da poluição atmosférica (exausto de veículos ou de fuligem de cozinha ou queimadas), limpeza da superfície de captação, uso de tela, ou método de filtração e armazenamento podendo ser classificada segundo o grau de purificação conforme apresentado na Tabela 3.

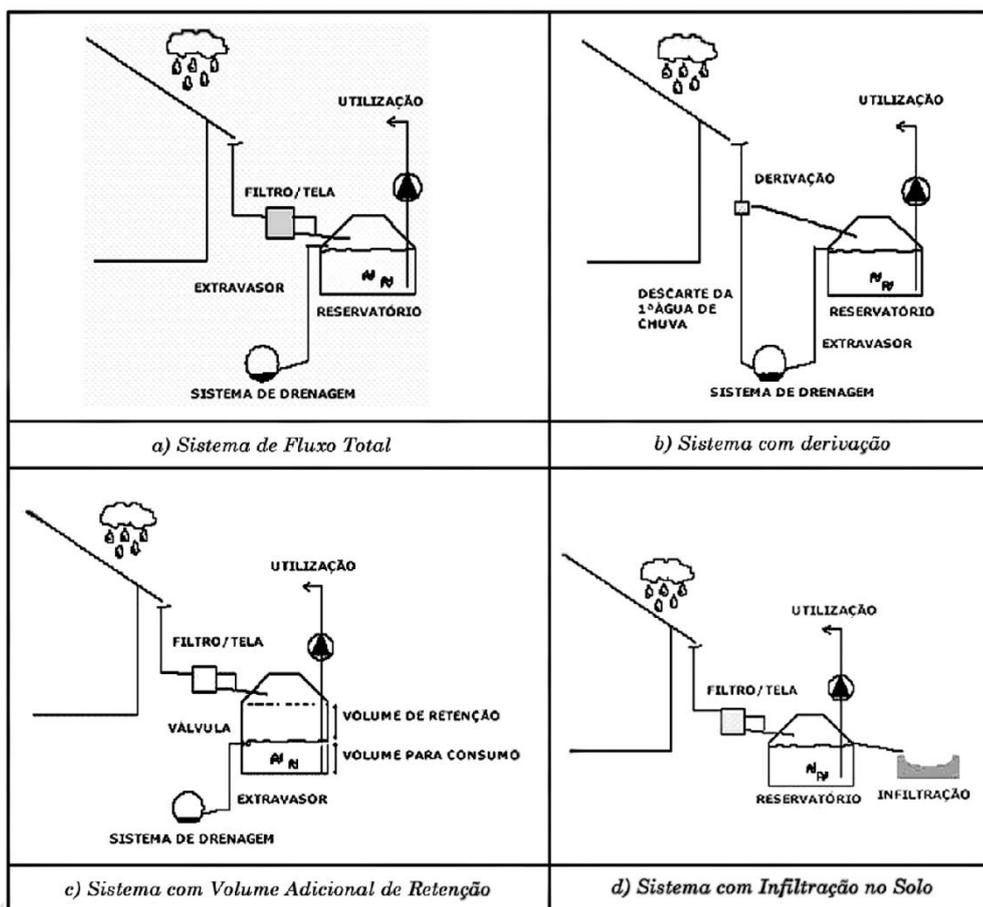


Figura 7. Formas construtivas de sistemas de aproveitamento de água de chuva.
Fonte: Herrmann e Schmida (1999).

Tabela 3. Variação da qualidade da água da chuva devido à área coletada.

Grau de purificação	Área de coleta de chuva	Observações
A	Telhados (lugares não ocupados por pessoas e animais)	Se a água for purificada pode ser consumida
B	Telhados (lugares freqüentados por pessoas e animais)	Usos não potáveis
C	Terraços e terrenos impermeabilizados, áreas de estacionamento	Mesmo para usos não potáveis, necessita tratamento
D	Estradas	Mesmo para usos não potáveis, necessita tratamento

Fonte: Group Raindrops (1995).

O sistema de condução da água desde a superfície de captação até o reservatório de armazenamento inclui as calhas coletoras, os tubos de descida e de entrada e saída. A contaminação pode ser evitada pelo uso de materiais não tóxicos e da limpeza frequente das calhas para evitar o acúmulo de água e de matéria orgânica (COHIM, *et al.*, 2015, p.203). Os reservatórios podem estar apoiados no solo, enterrados, semi-enterrados ou elevados; ser construídos de diferentes materiais, como concreto armado e fibra de vidro e ter diversas formas. A escolha do local de instalação do reservatório, do modelo e do material a ser utilizado deve levar em consideração as condições do terreno e da disponibilidade de área.

Para Thomas e Martinson (2007), a contaminação nos sistemas de aproveitamento de água de chuva pode ocorrer a partir das seguintes rotas:

- i. Durante o evento chuvoso, ao passar pela atmosfera (deposição úmida);
- ii. Deposição seca de contaminantes na superfície de coleta durante os períodos sem chuva;
- iii. Reação química ou física da água de chuva com a superfície de coleta;
- iv. Fezes de pássaros e animais depositadas sobre a superfície de captação;
- v. Entrada de animais no reservatório de armazenamento;
- vi. Infiltração através de trincas no reservatório de armazenamento permitindo a entrada de água contaminada.

As rotas de contaminação citadas anteriormente indicam os pontos para introdução das barreiras sanitárias inclusive aquelas de natureza passiva já que unidades do próprio sistema de captação de água de chuva são, por si próprias, barreiras sanitárias que reduzem a contaminação.

Assim, para os sistemas de aproveitamento de água de chuva de Fortaleza forneçam uma água segura, inclusive para beber indica-se o a construção de Plano de Segurança da Água (PSA) conforme preconizado no documento *Water Safety Plans, Managing drinking - water quality from catchment to consumer* (WHO, 2005). O PSA privilegia a prevenção, ao invés da abordagem de fim de tubo cuja lógica é tentar resolver o problema consumado tratando a água.

3.2.5 Dessalinização

A dessalinização da água do mar para produção de água potável vem se difundido em vários países do mundo, especialmente aqueles com problemas de

escassez hídrica. De acordo com Souza (2006), muitos países no Oriente Médio identificaram a dessalinização da água do mar como a solução disponível para o problema da escassez de água.

Os processos para dessalinização vão desde a tradicional destilação (ebulição seguida de condensação) até os mais modernos métodos de eletrodialise e osmose reversa, passando por outros como o congelamento e a evaporação por diferencial de pressão. Contudo, as plantas dessalinizadoras mais recentes têm utilizado a técnica de osmose reversa, por apresentar custos de instalação e de operação mais baixos.

A osmose reversa também conhecida como inversa é consiste na separação de sais presentes na água através de um efeito de pressão superior à pressão osmótica, sobre uma membrana semipermeável.

De forma prática, a água salina é bombeada para um recipiente fechado onde é pressurizada contra a membrana. Como uma parte da água passa através da membrana, a água remanescente aumenta a concentração de sal. Ao mesmo tempo, uma parte desta água é escoada sem passar através da membrana. A bomba de alta pressão é o equipamento que fornece a pressão necessária para permitir à água passar pela membrana e ter os sais rejeitados. Esta pressão varia de 5,4 a 8,0 N/m² para a água salgada (SOARES, 2006).

Segundo Juan (2000), dois aspectos são fundamentais nesse processo: a existência de fonte de energia para vencer o potencial osmótico da água salina, ou seja, para 'inverter a direção' que ocorreria na osmose, e a qualidade da membrana semipermeável que irá separar os sais. Isto porque, as membranas semipermeáveis são frágeis e variam em sua capacidade de passar água doce e rejeitar a passagem de sais. Nenhuma membrana é perfeita na sua capacidade de rejeição de sais, de forma que uma pequena quantidade de sais passa através da membrana e aparece na água produto.

Uma usina utilizando essa técnica opera no Brasil, na ilha de Fernando de Noronha desde 1999. Inicialmente a usina tinha capacidade de dessalinizar 16m³/hora, mas, passou por três ampliações passando para uma capacidade de 54,2m³/hora (SURIANI; PRADO, 2011)

O custo do metro cúbico de água potável produzida por dessalinização (Figura 8) varia de US\$ 0,45/m³ em Singapura até US\$1,48/m³ nas Bahamas com um valor médio de US\$0,78/m conforme Silveira *et al.* (2015, p. 41). Essa variação é explicada por diversos fatores como o tipo de processo utilizado, o custo de energia e a capacidade volumétrica de produção.

Usina e localização	US\$/m ³	Operando?	Ano	Fonte e data da pesquisa
Ashkelon (Israel)	0,54	Sim	2002	EDS (2004), Segal (2004), Zhou e Tol (2005)
Ashkelon (Israel)	0,53	Sim	2003	NAS (2004)
Ashkelon (Israel)	0,55	Sim	2004	Wilf e Bartels (2005)
Ashkelon (Israel)	0,62	Sim	2005	Red Herring (2005), Semiat (2000, 2006)
Ashkelon (Israel)	0,53	Sim	2006	Black... (2006)
Bahamas	1,48	Sim	2003	NAS (2004)
Carlsbad, Califórnia (EUA) (Poseidon)	0,77	Sim	2005	Gallagher (2005)
Dhekelia (Chipre)	1,09	Sim	1996	Segal (2004)
Dhekelia (Chipre)	1,43	Sim	2003	NAS (2004)
Eilat (Israel)	0,74	Sim	1997	Wilf e Bartels (2005)
Hamma (Argélia)	0,84	Sim	2003	EDS (2004), Segal (2004), Zhou e Tol (2005)
Lamaca (Chipre)	0,75	Sim	2000	Segal (2004)
Lamaca (Chipre)	0,85	Sim	2003	NAS (2004)
Lamaca (Chipre)	0,85	Sim	2001	Wilf e Bartels (2005)
Moss Landing, Califórnia (EUA)	1,28	Sim	2005	MPWMD (2005)
Moss Landing, Califórnia (EUA)	0,96	Sim	2005	MPWMD (2005)
Perth (Austrália)	0,92	Sim	2005	WT (2006)
Singapura	0,46	Sim	2002	Segal (2004)
Singapura	0,45	Sim	2003	NAS (2004)
Singapura	0,49	Sim	2006	Black... (2006)
Tampa Bay, Flórida (EUA)	0,55	Não	2003	Segal (2004)
Tampa Bay, Flórida (EUA)	0,58	Sim	2003	Wilf e Bartels (2005)
Tampa Bay, Flórida (EUA)	0,66	Sim	2004	Arroyo (2004)
Trinidad	0,73	Sim	2004	Segal (2004)
Trinidad	0,74	Sim	2003	NAS (2004)
Média	0,78			

Figura 8. Custos de produção de água potável em usinas de dessalinização de água do mar.

Fonte: Silveira *et al.* (2015, p.42).

COGERH (2006) realizou uma análise econômico-financeira a fim de dimensionar o tamanho ótimo de uma planta a ser instalada no Porto do Pecém. Com isso, ela estimou um investimento de 8.020.000,00 de reais, 5.323.250,00 de reais e 3.561.012,50 reais para as plantas com tamanhos de 20 l/s, 10 l/s, 5 l/s (Tabela 4), respectivamente. Além disso, determinou que o custo unitário para a recuperação de 100% dos investimentos em uma planta de 20l/s seria de R\$ 1,11 (Tabela 5) e que o custo unitário total da água produzida nessa planta seria de R\$ 3,53 (Tabela 6).

Tabela 4. Custos de Investimentos por tamanho de planta dessalinizadora.

Especificação	Investimentos (R\$ 1,00) / Tamanho da Planta		
	20 l/s	10 l/s	5 l/s
<i>Sistema de Captação de Água Marinha</i>	880.000,00	616.000,00	431.200,00
<i>Adutora de Água Salgada</i>	590.000,00	413.000,00	289.100,00
<i>Reservatório de Água Salgada</i>	340.000,00	238.000,00	166.600,00
<i>Estação Reelevatória de Água Salgada</i>	180.000,00	126.000,00	88.200,00
<i>Sistema de Osmose Reversa com Recuperação de Energia</i>	3.520.000,00	2.112.000,00	1.267.200,00
<i>Reservatório de Água Produzida (permeado)</i>	380.000,00	266.000,00	186.200,00
<i>Emissário do Concentrado</i>	505.000,00	353.500,00	247.450,00
<i>Construções Civas</i>	1.225.000,00	918.750,00	689.062,50
<i>Sistema Elétrico</i>	400.000,00	280.000,00	196.000,00
Total	8.020.000,00	5.323.250,00	3.561.012,50

Fonte: COGERH (2006).

Tabela 5. Recuperação de Investimento por tamanho de planta.

Especificação	Valor (R\$ 1,00) / Tamanho da Planta		
	20 l/s	10 l/s	5 l/s
Custo do m ³ para recuperação de 100% do investimento	1,11	1,47	1,97
Custo do m ³ para recuperação de 25% do investimento	0,28	0,37	0,49

Fonte: COGERH (2006).

Tabela 6. Custo unitário total da água produzida.

Especificação	Custo Unitário (R\$/m³) / Tamanho de Planta		
	20 l/s	10 l/s	5 l/s
<i>Custo com recuperação de 100% do investimento</i>	3,53	4,64	5,93
<i>Custo com recuperação de 25% do investimento</i>	2,49	3,25	4,13
<i>Custo sem recuperação do investimento</i>	2,14	2,80	3,51

Fonte: COGERH (2006).

Silveira et al. (2015, p.43) também comparou o valor médio em dólar obtido por dessalinização e o valor médio cobrado pela SABESP para consumidor residencial normal da faixa de consumo de 11m³ a 20 m³ e avaliou que essa tecnologia seria viável no Brasil. Ressalta-se ainda que, os processos de dessalinização de água do mar não são afetados pela variabilidade climática assim, esta pode ser uma solução viável para regiões com pouca disponibilidade hídrica acarretadas por secas historicamente severas como o Nordeste Brasileiro

Com base no exposto aponta-se a dessalinização com uma das alternativas da gestão integrada de águas urbanas. A planta a ser instalada em Fortaleza pode captar água diretamente do mar e utilizar tecnologia da filtração por membranas semipermeáveis, através do processo de osmose reversa com sistema de pré-tratamento

para retenção das partículas coloidais, orgânicas e inorgânicas, para minimizar o risco de incrustamento (fouling) na superfície das membranas.

3.2.6 Tratamento, distribuição e perda de água

Segundo a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (2014), um dos principais desafios das operadoras de água em países em desenvolvimento é reduzir as perdas de água no abastecimento. Um sistema convencional de abastecimento de água (FIGURA 9) é constituído pelas seguintes unidades: Captação; Estação Elevatória; Estação de Tratamento de Água (ETA); Adução de Água; Reservação; e Setor de distribuição.

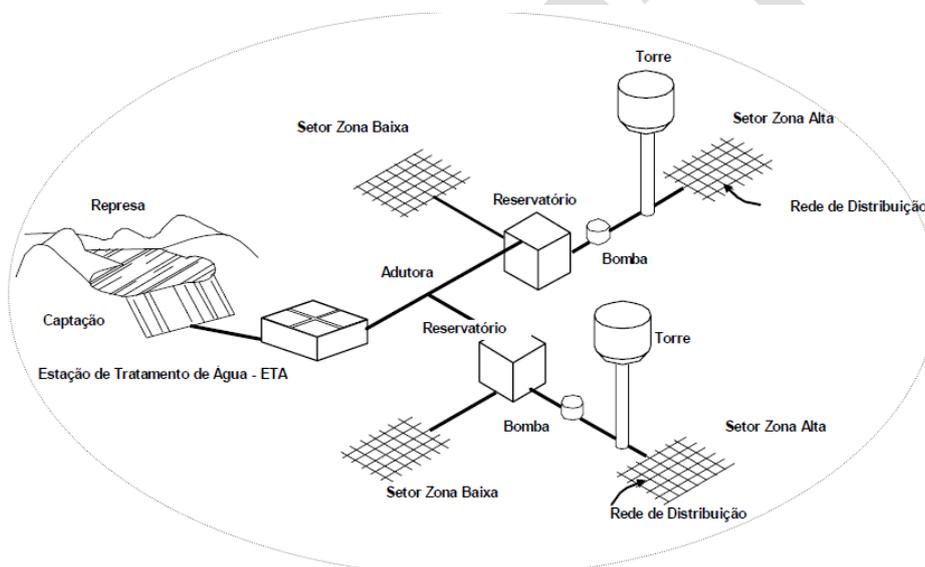


Figura 9. Sistema de abastecimento de Água típico.
Fonte: Soares (2004).

Em Fortaleza, a captação é realizada no açude Gavião por meio de torre de tomada, galeria e canal. Este manancial superficial faz parte do sistema local de abastecimento de água bruta estando integrado aos açudes Pacoti/Riachão, Pacajus, Aracoiaba, conforme já comentado em seções anteriores.

As estações de tratamento de água correspondem ao conjunto de unidades destinado a adequar as características da água aos padrões de potabilidade. A principal função do tratamento é a redução de impurezas e a eliminação de substâncias que tornam a água inadequada para o uso humano, tais como bactérias e vírus. Fortaleza possui atualmente uma capacidade máxima de tratamento de água de 11,5 m³/s sendo 10,0 m³/s da ETA Gavião e 1,5 m³/s da ETA Oeste 1ª Etapa.

A ETA Gavião opera em regime de 24 h /dia, sincronizando sua vazão operacional com o nível do reservatório do Ancuri e com o horário sazonal de energia (horário de ponta ou fora de ponta), o que implica na sua operação em três níveis de vazões: 4,9 m³/s; 6,7 m³/s e 7,8 m³/s, tendo como vazão média diária de 8,3 m³/s. Funciona com filtração direta descendente de alta taxa, tendo mais de mais oito filtros em operação (PREFEITURA DE FORTALEZA, 2014b).

A ETA Oeste destina-se a atender as demandas hídricas da zona oeste da Região Metropolitana de Fortaleza utilizando o mesmo manancial da ETA gavião. Ela teve sua primeira etapa inaugurada, no final de 2012, e a partir de fevereiro de 2013, iniciou sua operação 24h por dia. Atualmente, funcionam seis filtros, por meio de filtração direta descendente, com uma vazão que varia entre 0,75-1,5 m³/s. Para a 2^o fase da 1^o etapa, está prevista a inclusão de filtros ascendentes de areia grossa - FAAGs, obtendo-se, assim, a dupla filtração (PREFEITURA DE FORTALEZA, 2014b).

As estações elevatórias de água tratada – EETA são utilizadas para recalcar a água que passou pela ETA e armazenar no reservatório de água tratada. Em Fortaleza tem-se três: duas na ETA Gavião (Gavião Novo e Gavião Velho) e uma na ETA Oeste.

O uso de reservatório de água tratada é um recurso adotado em praticamente todos os SAAs. A água é armazenada em reservatórios com a finalidade de manter a regularidade do abastecimento (compensar a diferença entre o pico de demanda dos consumidores e a adução), promover condições de abastecimento contínuo durante períodos curtos de paralização do abastecimento, armazenar água para combate a incêndios, regularizar as condições de operação das estações elevatórias e condicionar as pressões disponíveis nas redes hidráulicas.

Os reservatórios do Ancuri constituem-se no principal centro de reservação do sistema de abastecimento integrado de Fortaleza, a partir do qual a água é aduzida por gravidade até a maioria dos setores de distribuição. A partir desse reservatório iniciam-se as 79 linhas do macrossistema de distribuição de água que alimentam, por gravidade, a maioria dos setores de distribuição do Município de Fortaleza, exceto o setor de distribuição de Mucuripe. Além dos reservatórios diretamente associados às ETA's, existem 18 reservatórios distribuídos nos setores de abastecimento, incluindo reservatórios ativos atualmente e desativados.

A rede de distribuição é a unidade do SAA constituída de um conjunto de conexões, peças especiais e condutos assentados nas vias públicas ou nos passeios, aos quais se conectam os ramais domiciliares. Dessa forma, a função da rede de distribuição

é conduzir as águas tratadas aos pontos de consumo (usos doméstico, industrial e público), de forma contínua, em qualidade, quantidade e pressão recomendadas.

Nas redes de distribuição têm-se dois tipos de condutos: principais e secundários. Os condutos principais, troncos ou mestres, são as canalizações de maior diâmetro, responsáveis pela alimentação dos condutos secundários. Efetuem o abastecimento de extensas áreas da cidade. Os condutos secundários, de menor diâmetro (usualmente 50 e 75mm), são os que estão em imediato contato com os prédios a abastecer, sendo responsáveis pelo abastecimento dos pontos de consumo.

Conforme a disposição dos condutos principais, as redes podem ser classificadas como: redes ramificadas ou malhadas. As redes ramificadas são aquelas em que os condutos principais são traçados a partir de um conduto principal central, com disposição ramificada, como sugere sua denominação. É um sistema típico de cidades ou setores que têm uma dimensão mais pronunciada. As redes ramificadas são calculadas de montante para jusante. Tendo todas as suas características hidráulicas assim obtidas. Nelas, a circulação da água faz-se praticamente em um único sentido. Uma interrupção acidental em um conduto tronco prejudica sensivelmente as áreas situadas a jusante do local em que ocorreu o acidente.

A rede de distribuição do Município de Fortaleza tem, em média, 4.667 km de extensão, com um índice de cobertura de água de 98,49%. O sistema de distribuição integrado tem como pontos de partida: o centro de reservação do Ancuri, alimentado pela estação elevatória de água tratada, o Gavião e reservatório encontro da linha adutora de água tratada do Gavião Velho com a antiga linha adutora do açude Acarape. A partir deste ponto a adutora do Acarape passa a fazer parte das linhas de transferência. As adutoras que partem destes dois locais alimentam a entrada de água em cada setor de distribuição e atendem a totalidade dos municípios de Fortaleza, Eusébio e partes dos municípios de Maracanaú, Caucaia, Itaitinga e Pacatuba (PREFEITURA DE FORTALEZA, 2014b).

A confiabilidade do sistema de abastecimento passa pela arquitetura dessa rede. Para grandes sistemas deve-se prover água por mais de um caminho para um determinado usuário como forma de prevenir contra potenciais falhas em um trecho da rede devido à manutenção ou rompimento de tubulações.

As redes de distribuição e os ramais prediais são os componentes do sistema de abastecimento de água onde ocorrem o maior número de vazamentos e o maior volume perdido de água, por causa principalmente da sua extensão e condições de operação.

Para muitos sistemas, os vazamentos nos ramais (tubos de pequeno diâmetro) representam o maior número de vazamentos encontrado nas redes hidráulicas, especialmente, em sistemas com uma elevada densidade de ramais. Isso ocorre pela má qualidade dos materiais aplicados e instalações inadequadas.

As perdas nos sistemas de abastecimento de água incluem duas categorias (ABES, 2014):

- ✓ A “perda de água física” ou “real”, quando o volume de água disponibilizado no sistema de distribuição pelas operadoras de água não é utilizado pelos clientes, sendo desperdiçado antes de chegar às unidades de consumo;
- ✓ A “perda de água comercial” ou “aparente” quando o volume utilizado não é devidamente computado nas unidades de consumo, sendo cobrado de forma inadequada.

As perdas reais representam o volume efetivamente perdido no sistema. Elas são decorrentes de vazamentos que ocorrem nas tubulações das adutoras e nas redes de distribuição, nos ramais das ligações prediais, nas ETAs e nos extravasamentos de reservatórios. São inerentes a todos os sistemas de abastecimento de água. Não é possível zerar esse tipo de perda, porém o volume de perdas reais na maioria dos sistemas do Brasil é significativamente mais elevado do que o justificável.

As perdas aparentes representam a parcela de perda total que não é causada por vazamentos e extravasamentos nos reservatórios. Em comparação com as perdas reais, estas têm um efeito negativo muito maior sobre o orçamento das companhias, pois, além do gasto com a produção, perde-se o valor agregado à água entregue. São causadas principalmente por: erros de medição e leitura, erros cadastrais ou na contabilidade do consumo de água e pelo consumo não autorizado.

O erro de medição (submedição) é uma das principais causas das perdas aparentes nas companhias de saneamento e ocorrem por diversos motivos. A ocorrência de uma ampla gama de medidores, que variam de tamanho, tipo e classe, juntamente com uma vasta variação de padrões de consumo existentes nos sistemas urbanos, dificulta a correta especificação dos medidores pelos profissionais.

Já a perda pelo consumo não autorizado está relacionada com ligações clandestinas e o uso fraudulento de água de descargas e hidrantes.

Compreender os tipos de perdas de água que ocorrem nos sistemas e ter definições consistentes e claras é o primeiro passo para um técnico ser capaz de gerenciar os problemas das perdas de água. Com isso, a a International Water

Association (IWA) propôs um modelo de caracterização das perdas em sistemas abastecimento de água. Este modelo está exposto no Quadro 1.

Teoricamente, deve haver um equilíbrio entre o volume de água disponibilizado e o volume retirado do sistema. O controle dessa relação, denominado Balanço Hídrico, é feito por meio de uma planilha quantitativa, onde se detalha os diversos tipos de consumo e de perdas que ocorrem no sistema de abastecimento de água. Todos os seus componentes devem ser expressos em termos volumétricos, para efeitos de comparação, e quantificados sobre o mesmo período, de 12 meses, para dispensar o efeito de sazonalidades e diferenças de apuração nos volumes macro e micromedidos.

Por iniciar a avaliação das perdas por meio do cálculo do balanço hídrico de ‘cima para baixo’, ou seja, pelo volume de água que entra no sistema menos o volume de água efetivamente consumido, o balanço hídrico é conhecido como aplicação Top-Down. Neste método, são feitas hipóteses para determinar as perdas aparentes e, pela diferença, chega-se então as estimativas de perdas reais.

Quadro 1. Modelo de Caracterização das Perdas no Sistema de Abastecimento de Água.

Volume Produzido	Consumos Autorizados	Consumos Autorizados Faturados	Consumos medidos faturados	Águas Faturadas
			Consumos não-medidos faturados (estimados)	
		Consumos Autorizados Não Faturados	Consumos medidos não-faturados (usos próprios, caminhão-pipa etc)	Águas Não-Faturadas
			Consumos não-medidos, não-faturados (corpo de bombeiros, favelas etc)	
	Perdas de Água	Perdas Aparentes	Consumos não-autorizados (fraudes e falhas de cadastro)	Águas Não-Faturadas
			Imprecisão dos medidores (hidrômetros)	
Perdas Reais		Vazamentos nas adutoras e/ou redes de distribuição	Águas Não-Faturadas	
	Vazamentos nos ramais prediais até o hidrômetro			
	Vazamentos e extravasamentos nos aquedutos e reservatórios de distribuição			

Fonte: Adaptado de IWA/Blue Pages, 2000.

A *International Water Association* (IWA, 2000) definiu os limites para os volumes das perdas em um sistema:

- ✓ limite econômico - a partir do qual se gasta mais para reduzir as perdas do que o valor intrínseco dos volumes recuperados (varia de cidade para cidade, em função das disponibilidades hídricas, custos de produção, etc.);
- ✓ limite técnico ("perdas inevitáveis") - definido pelo alcance das tecnologias atuais dos materiais, ferramentas, equipamentos e logísticos, ou, em outras palavras, nunca haverá perda zero, sempre teremos de conviver com algum volume perdido, por mais bem implantado e operado que seja um sistema de abastecimento.

Assim, o volume mínimo de perdas de água que um sistema pode ter é chamado de perdas inevitáveis (Figura 10). A diferença entre a perda existente e a perda inevitável representa o volume de perdas potencialmente recuperável.

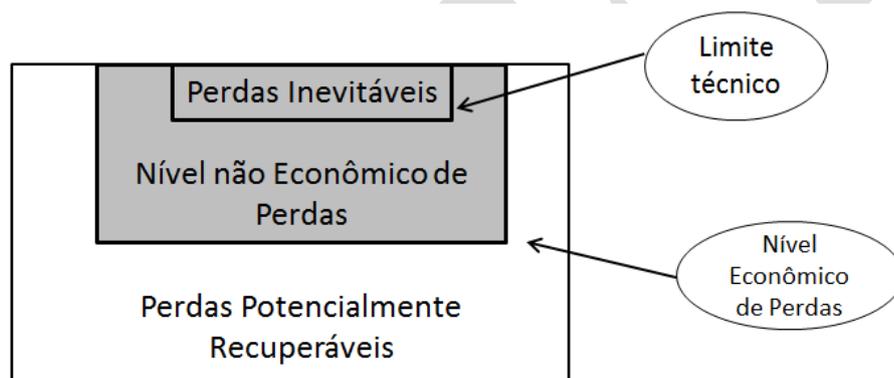


Figura 10. Níveis de perdas (reais e aparentes).

Fonte: IWA Water Loss Task Force and AWWA Water Loss Control Committee

O nível econômico de perdas pode ser definido como a situação em que o custo marginal do controle de perdas equilibra o custo marginal de água perdida. Sobre as perdas reais recaem os custos de produção e distribuição da água, e sobre as perdas aparentes, os custos de venda da água no varejo, acrescidos dos eventuais custos da coleta de esgotos. O nível econômico ótimo de vazamentos e o nível mínimo de vazamentos estão apresentados na Figura 11.

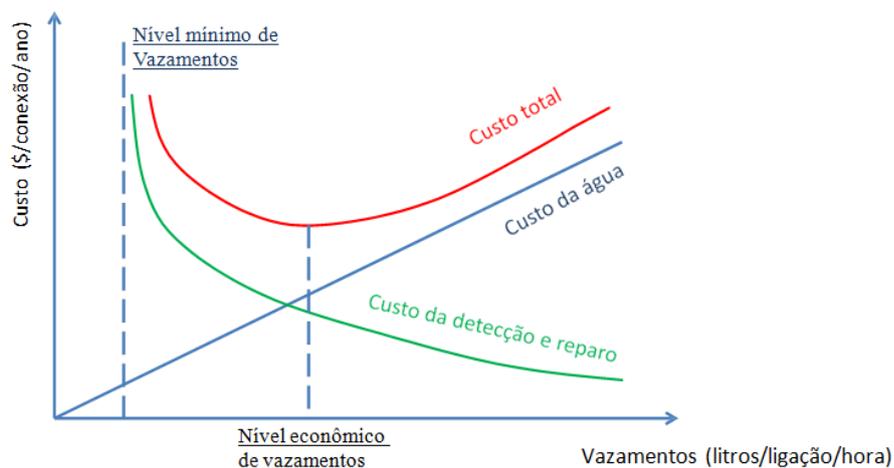


Figura 11. Custo total decorrentes da perda de água.

Fonte: Adaptado de EPA (2010).

Segundo a ABES (2014), nas operadoras cobertas pelo *International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities – IBNET*, a média de perdas de água constatada foi de 35%. Entretanto, como grandes países em desenvolvimento ainda não são cobertos pelo IBNET e as estatísticas desses países não são confiáveis², é mais provável que o nível médio de perdas de água em países em desenvolvimento gire em torno de 40-50%.

Na Tabela 7 observa-se que no período de 2009 a 2012, o Índice de Perdas de Fortaleza aumentou de 35,23% para 35,90%. Nota-se, também, que a média prevista não foi alcançada em nenhum dos anos. Vale ressaltar que a projeção para 2040 é de se obter um índice de 25%.

Tabela 7. Índice de perda de Fortaleza (meta anual prevista e índice real).

Ano	Meta (%)	Medido (%)
2009	35,00	35,23
2010	34,42	35,70
2011	34,67	36,67
2012	33,57	35,90

Fonte: Prefeitura de Fortaleza, 2014b.

Deste modo, percebe-se que o combate aos vazamentos constitui uma tarefa contínua. Independente do nível de perda que o sistema se enquadre, a permanência das ações é importantíssima para a manutenção dos bons índices.

A metodologia mais aceita pela comunidade técnica para o controle das perdas considera que o volume de perdas reais pode ser significativamente reduzido através da implementação de quatro ações: controle de pressão, rapidez e qualidade dos reparos, controle ativo de vazamentos e gestão de infraestrutura. Essas ações podem ser visualizadas na cruz de perdas reais (Figura 12) de Thornton (2002).

No modelo proposto (Figura 12), o retângulo representa o volume de perdas físicas de um sistema de distribuição que permanece constante pela combinação das quatro atividades de controle. Se intensificadas as ações de controle de perdas, o volume perdido tende a atingir seu ponto de viabilidade econômica, ou seja, o retângulo maior se iguala ao retângulo “nível econômico de perdas” e, a partir desse ponto, não é mais interessante economicamente aumentar os recursos investidos. Salvo interesses econômicos, mantidas as ações intensivas, pode-se buscar atingir o limite das perdas inevitáveis, a partir desse ponto não é mais possível reduzir perdas com as técnicas e tecnologias existentes atualmente. Por outro lado, se há um relaxamento de uma das atividades de controle, as dimensões do retângulo (perdas reais) tendem a aumentar (Thornton, 2002).

A influência da pressão nas perdas reais é conhecida há muito tempo pelos pesquisadores e técnicos das companhias de saneamento. É facilmente perceptível que a taxa do fluxo de água em um vazamento é maior quanto maior for a pressão. Assim, a gestão de pressão é quase sempre recomendada para o combate a perdas reais.

De modo geral, uma diminuição de 10% na pressão em grandes sistemas implica em uma redução aproximada de 12% no volume perdido por vazamentos. Porém, deve-se levar em conta que cada sistema de distribuição de água tem suas próprias características e deve ser analisado individualmente, de maneira que a solução ótima considere aspectos técnicos, financeiros, ambientais e sociais.

A velocidade de reparo de vazamentos contribui diretamente para o volume total da perda real. Assim, devem-se adotar medidas para assegurar que o tempo médio de reparação seja o mínimo possível, de maneira que os vazamentos visíveis tenham uma participação pequena no total das perdas reais.

Tão ou mais importante que o reparo rápido dos vazamentos visíveis é o controle ativo de vazamentos "invisíveis". Em muitos sistemas, os vazamentos invisíveis representam a maior parcela das perdas reais. O controle ativo não visa a reparação de rompimentos reportados pela população (vazamentos visíveis), e sim uma estratégia de

controle de perdas, de natureza periódica, que procede ao monitoramento da rede, permitindo a detecção e a reparação de vazamentos não comunicados pela população.

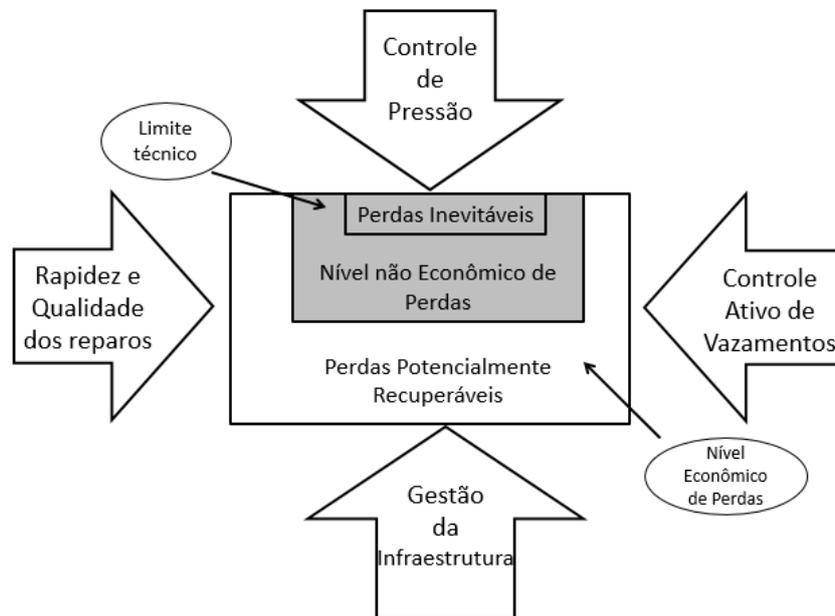


Figura 12. Cruz de perdas reais.
Fonte: Adaptado de Thornton (2002).

Ao longo da vida útil de um sistema de abastecimento de água, mesmo que o projeto tenha sido bem projetado, surgem situações que não foram consideradas inicialmente, tais como ampliações da rede, surgimento de demandas em áreas não previstas, mudança do tipo de edificação, deterioração física dos componentes das instalações hidráulicas, ineficiência na operação relacionada com vazamentos, rompimentos de tubulações, falta de otimização operacional eletromecânica dos conjuntos motobomba, dentre outros. Dentre esses fatores, o envelhecimento das tubulações é o mais impactante no aumento do volume de água perdido por vazamento.

A grande maioria dos sistemas de distribuição de água em operação necessita de ações de reabilitação para corrigir as situações antes apontadas. Pode-se definir reabilitação como qualquer intervenção no sistema que prolongue sua vida útil, melhorando seu desempenho hidráulico, estrutural e de qualidade da água.

Existe um grande número de técnicas que podem ser utilizadas para a reabilitação de redes hidráulicas, que podem ser classificadas em destrutivas e não destrutivas. As destrutivas utilizam procedimentos convencionais de abertura de valas que provocam acentuados transtornos nas vias urbanas. O processo não destrutivo é caracterizado pela

abertura de pequenas valas ou poços de inspeção, o que diminui consideravelmente o impacto social das intervenções.

Segundo Tardelli Filho (2006), as perdas reais na distribuição podem ser visíveis e não-visíveis (Figura 13) sendo que para cada tipo corresponde algumas ações possíveis para o controle e a redução de perdas.

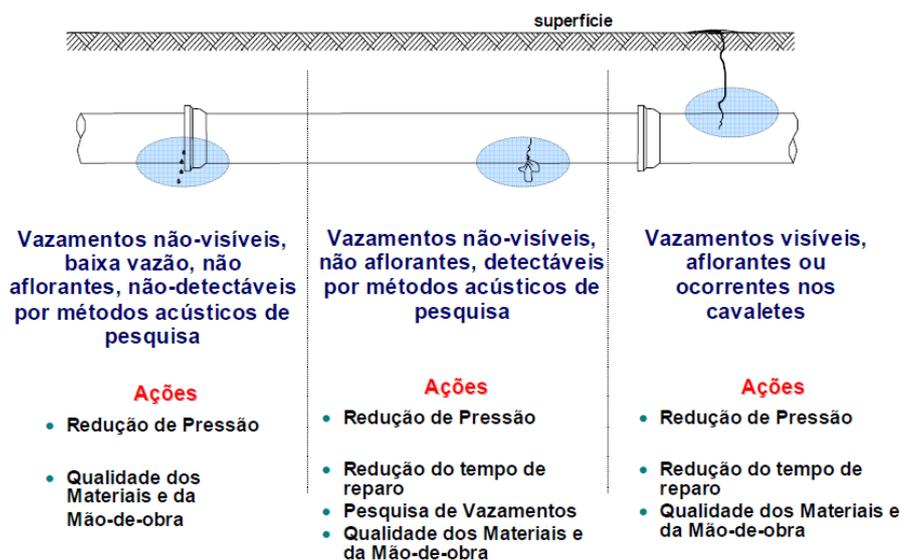


Figura 13. Perdas visíveis, não-visíveis e ações de controle.

Fonte: Tardelli Filho (2006).

A síntese das principais ações para o controle e a redução das perdas aparentes esta exposta na Figura 12. No âmbito da macromedição, as ações adequadas são a instalação adequada de macromedidores e a calibração dos medidores de vazão. No âmbito da gestão comercial, as ações incluem o controle de ligações inativas e clandestinas. No que concerne à micromedição, as ações abrangem a instalação adequada e a substituição periódica dos hidrômetros.

É fundamental que as Companhias de abastecimento tenham um programa de redução de perdas composto de uma série de ações corretivas e metas a cumpridas no transcorrer do desenvolvimento do programa.

A Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE que presta serviços públicos de água e esgoto em Fortaleza vinculada à Secretaria de Infraestrutura traçou um plano de metas de combate à fraude e de redução de perdas. Este plano contempla pesquisas de caça de vazamentos ocultos, disponibilizando para esta função três equipes itinerantes especializadas cobrindo toda a região metropolitana e também unidades no

interior através de trabalhos de campo com pesquisa de vazamentos ocultos (PREFEITURA DE FORTALEZA, 2014).

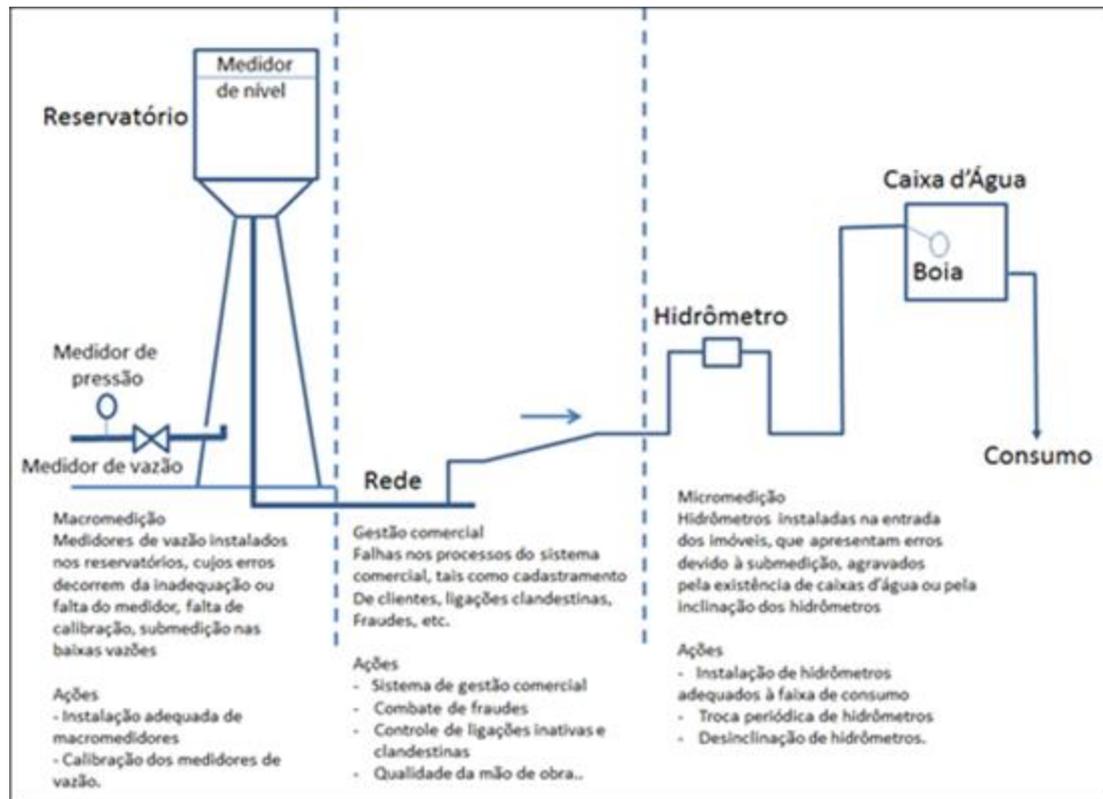


Figura 14. Síntese das ações para o controle e a redução de perdas aparentes.
Fonte: Tardelli Filho (2006).

Segundo o mesmo autor, o plano prevê a utilização de um Sistema de Controle de Perdas (SISCOPE), uma ferramenta estruturada em plataforma WEB de fácil acesso, que permita diversos tipos de pesquisas e uma melhor efetividade das ações de combate à perda. Este plano permite a realização do monitoramento das pressões das RDA's da capital e interior através das estações piezométricas, possibilitando o acompanhamento em tempo real das pressões nestas redes e ações de diminuição ou aumento dessas pressões, evitando danos à rede e consequentes vazamentos, bem como interrupções no abastecimento de determinadas áreas.

3.3 Gestão da Demanda

Segundo o ISA (2007), além das perdas de água na rede de distribuição é preciso se preocupar também com o desperdício ocasionado pelo uso irracional e ineficiente por parte da sociedade e com isso, gerenciar a demanda hídrica de maneira eficaz.

Segundo Milutinovic (2006), existem três formas de gerenciar a demanda por água. A primeira via instrumentos econômicos e financeiros. A segunda seria via políticas públicas, como conscientização da população e a restrição de uso, etc. E, por fim, via mudanças tecnológicas, desenvolvendo novos processos e equipamentos que aumentem a eficiência no uso da água, e com isso, reduzam o consumo.

3.3.1 Instrumentos Econômicos, Financeiros e Comportamentais

A percepção de que a água é um bem econômico e escasso levou a criação de instrumentos para racionalizar o seu uso. No Brasil, a primeira ação de regular o aproveitamento das águas ocorre com o Código de Águas, estabelecido pelo Decreto Federal 24.643, de 10 de julho de 1934 que instituiu o princípio poluidor-pagador. Entretanto, foi a partir da promulgação da Constituição Federal de 1988 que as águas foram consideradas um recurso econômico dotado de importância fundamental para o desenvolvimento do país (SILVA, 2015).

A Constituição determinou, em seu art. 21, inciso XIX, que a União iria instituir o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (SNGRH). Além disso, foram extintos os domínios privado e municipal existente no Código das Águas e todas as águas passaram a ser um bem público¹, de domínio da Federal ou Estadual.

Em 1989, no Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, surge o primeiro grande debate sobre a aplicação da cobrança pelo uso dos recursos hídricos no Brasil conforme relata Barth (2000). Em 1997, a Lei Federal nº 9.433 institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) e introduz a cobrança pelo uso da água bruta no Brasil, como um instrumento de gestão.

A cobrança pelo uso da água, conforme, Silva (2015) tem dupla função: uma função econômica ao condicionar o comportamento dos usuários de água em direção a uma maior eficiência na aplicação deste recurso e financeira ao prover fundos ao gerenciamento dos recursos hídricos. Essas duas funções materializam-se, respectivamente, na forma de um preço público genérico e sob a forma de tarifa de água bruta (contraprestação de serviço de gestão, operação e manutenção de hidrossistemas).

¹ Segundo o Código Civil (art 67.), os bens públicos são por suas próprias características inalienáveis, só perdendo essa condição nos casos e na forma que a lei prever. Assim, as águas públicas são bens inalienáveis (Código Civil, art. 46).

A tarifa de água é um instrumento poderoso e versátil, e capaz de atingir uma série de objetivos, embora possa ocorrer um trade-off entre eles. Dentre os principais objetivos que podem ser alcançados, pode-se citar a suficiência de receita das empresas fornecedoras de água, a eficiência econômica, equidade e justiça, redistribuição de renda e a conservação do recurso natural (ANDRÉ, 2012).

A tarifa de água em Fortaleza é de responsabilidade da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE) que foi fundada através da lei 9.499 de 20 de julho de 1971. Criada sob a forma de empresa de economia mista, ela é vinculada à secretaria de infraestrutura e tem no governo do Estado o seu maior acionário, seguido da prefeitura municipal de Fortaleza.

A Companhia está presente atualmente em 151 municípios do Estado do Ceará, com índice de cobertura de abastecimento de água de 98,16% em todo o Estado. Em Fortaleza, a cobertura de abastecimento de água chega à 98,64%. O índice de cobertura do sistema de esgotamento sanitário chega a 40,11% para todo o Estado. Em Fortaleza, este índice é de 57,10% (CAGECE, 2016a).

A estrutura tarifária da CAGECE (Tabela 8) foi construída conforme oito tipos de uso que possuem tarifa crescente em blocos de consumo:

- (i) Residencial Social - Demandas máximas (10m³);
- (ii) Residencial Popular - Demandas mínimas (10m³ de água e 8m³ de esgoto);
- (iii) Residencial Normal - Demandas mínimas (10m³ de água e 8m³ de esgoto);
- (iv) Comercial Popular - Demandas mínimas (7m³ de água e 5m³ de esgoto);
- (v) Comercial II - Demandas mínimas (10m³ de água e 8m³ de esgoto);
- (vi) Industrial - Demandas mínimas (15m³ de água e 12m³ de esgoto);
- (vii) Pública - Demandas mínimas (15m³ de água e 12m³ de esgoto); e
- (viii) Entidades Filantrópicas - Demandas mínimas (10m³ de água e 8m³ de esgoto).

Como o serviço de distribuição de água tratada e tratamento de esgoto é um serviço regulado, por ser um monopólio natural e ser um serviço essencial à saúde, a adoção de uma estrutura tarifária necessita ser aprovada pelos órgãos reguladores do setor. Em Fortaleza, este órgão é a Autarquia de Regulação, Fiscalização e Controle dos Serviços Públicos de Saneamento Ambiental (ACFOR). Já nos municípios do interior do estado do Ceará esta tarefa é de responsabilidade da Agência Reguladora de Serviços Públicos Delegados do Estado do Ceará (ARCE).

Tabela 8. Estrutura tarifária da CAGECE para Fortaleza em 2016.

Categoria	Faixa de Demanda (m³)	Tarifa Água (R\$/m³)	Tarifa Esgoto (R\$/m³)	(%) Reajuste Fortaleza Água	(%) Reajuste Fortaleza Esgoto	Tarifa Água (R\$/m³)	Tarifa Esgoto (R\$/m³)
Residencial Social - Demandas máximas (10m³)	0 a 10	0,79	0,79	10,13%	10,13%	0,87	0,87
Residencial Popular - Demandas mínimas (10m³ de água e 8m³ de esgoto)	0 a 10	1,62	1,62	8,02%	8,02%	1,75	1,75
	11 a 15	2,73	2,73	9,16%	9,16%	2,98	2,98
	16 a 20	2,93	2,93	9,90%	9,90%	3,22	3,22
	21 a 50	5,01	5,01	11,18%	11,18%	5,57	5,57
Residencial Normal - Demandas mínimas (10m³ de água e 8m³ de esgoto)	0 a 10	2,15	2,37	15,81%	16,46%	2,49	2,76
	11 a 15	2,75	3,03	17,09%	17,16%	3,22	3,55
	16 a 20	2,94	3,23	19,05%	18,89%	3,5	3,84
	21 a 50	5,02	5,53	19,32%	19,17%	5,99	6,59
	> 50	8,84	9,73	19,80%	19,73%	10,59	11,65
Comercial Popular - Demandas mínimas (7m³ de água e 5m³ de esgoto)	0 a 13	2,59	2,84	15,44%	15,85%	2,99	3,29
Comercial II - Demandas mínimas (10m³ de água e 8m³ de esgoto)	0 a 50	5,41	5,96	15,71%	15,77%	6,26	6,9
	>50	8,28	9,11	19,81%	19,76%	9,92	10,91
Industrial - Demandas mínimas (15m³ de água e 12m³ de esgoto)	0 a 15	5,02	5,53	10,16%	10,13%	5,53	6,09
	16 a 50	5,82	6,4	12,71%	12,66%	6,56	7,21
	>50	8,84	9,73	15,27%	15,21%	10,19	11,21
Pública - Demandas mínimas (15m³ de água e 12m³ de esgoto)	0 a 15	3,1	3,42	17,42%	17,25%	3,64	4,01
	16 a 50	4,56	5,01	19,08%	18,96%	5,43	5,96
	>50	7,27	8	19,81%	19,75%	8,71	9,58
Entidades Filantrópicas - Demandas mínimas (10m³ de água e 8m³ de esgoto)	0 a 10	1,62	1,62	8,02%	8,02%	1,75	1,75
	11 a 15	2,73	2,73	8,06%	8,06%	2,95	2,95
	16 a 20	2,93	2,93	8,19%	8,19%	3,17	3,17
	21 a 50	5,01	5,01	8,38%	8,38%	5,43	5,43
	> 50	8,84	8,84	8,37%	8,37%	9,58	9,58

Fonte: CAGECE (2016b).

Quando se utiliza o mecanismo tarifário para a conservação da água, o parâmetro de maior interesse é a elasticidade-preço da demanda. Este parâmetro mede a variação percentual da demanda em resposta a uma variação no preço da água, com isso, verifica-se em quanto o consumidor estaria disposto a reduzir o seu consumo de água caso ela sofresse um aumento no preço.

A elasticidade-preço da demanda muda conforme o lugar e o tempo. SRH (2002) realizou uma análise econômica do canal de transposição do Jaguaribe-Metropolitano Transbasin e estimou a elasticidade-preço da demanda de Fortaleza em 0,137, em valor absoluto. Rosa *et al.* (2006) considerando como variável determinante do consumo de água a renda e analisando 38 residências estimou a elasticidade-preço em 0,38 (valor absoluto) indicando que a demanda por água é inelástica.

Brasil (2009) estimou que o aumento de um real no preço médio reduz o consumo residencial por água no Estado do Ceará em 0,53m³. Nesta análise, foi incorporado a tarifação não-linear (modelo de tarifação da CAGECE) e considerado como variáveis que explicavam o consumo de água: o preço médio, a renda familiar, número de pessoas que moram no imóvel, o número de cômodos, a temperatura média do mês, a avaliação do consumidor em relação a qualidade da água consumida, a avaliação do consumidor em relação a regularidade do abastecimento de água e a avaliação do consumidor em relação quantidade de água consumida.

Mais recentemente, André (2012) estima a demanda residencial em Fortaleza considerando efeitos espaciais, isto é, que há uma relação diferente de preço e consumo de água em cada ponto do espaço. Segundo o mesmo autor, a dependência espacial está associada ao fato de que variáveis que determinam esse consumo como variáveis de infraestrutura, socioeconômicas e climáticas tendem a apresentar um padrão de distribuição espacial. Com isso, essas variáveis acabam afetando-o não apenas pelo seu efeito direto, mas também, indiretamente, pelo efeito do padrão de associação espacial, que se traduz em correlação espacial dos erros.

André (2012) determinou que os fatores determinantes para explicar o consumo residencial de água na cidade de Fortaleza são o preço médio, a diferença entre o valor total da conta e o valor da conta ao preço marginal, a renda, o número de residentes e o número de cômodos da residência. A elasticidade-preço da demanda foi estimada em torno de 0.61, em termos absolutos. Também concluiu que, a variável diferença impacta o consumo negativamente e as variáveis renda, número de residentes e número de cômodos apresentou um efeito positivo sobre a demanda por água.

Bruvold (1998) já havia postulado que o consumo residencial de água é influenciado por mecanismos do tipo estrutural e comportamental (Figura 15) somados a determinantes como a renda familiar, a temperatura e o tamanho da família. Em seu modelo, ele aponta que a crença de que a água é recursos ilimitado por exemplo, eleva o consumo de água. O conhecimento de que este recurso está cada vez mais escasso pode reduzir o consumo.

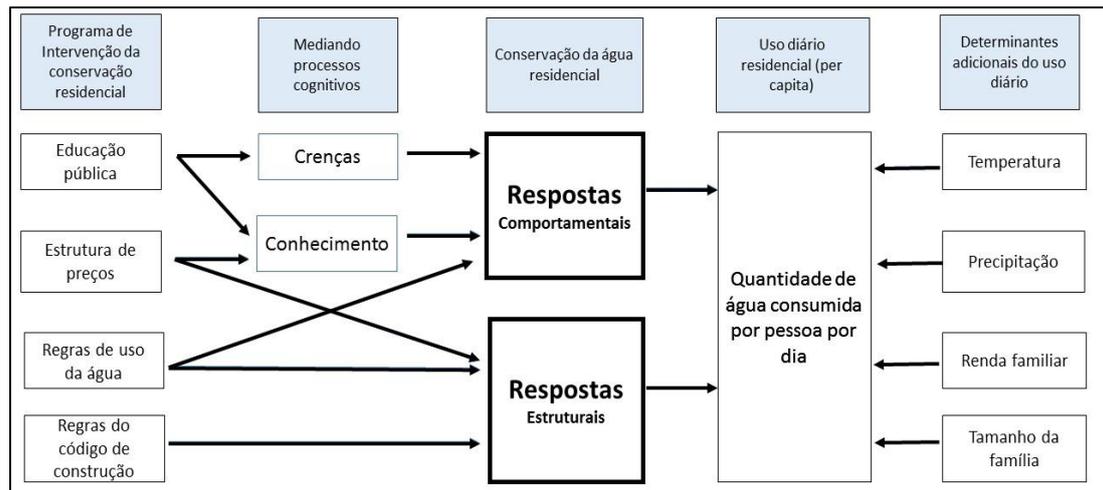


Figura 15. Determinantes do consumo da água residencial.

Fonte: Adaptado de Bruvold (1988).

A educação vista como formadora de uma consciência ecológica crítica que deve enfatizar os benefícios da conservação da água tanto do ponto de vista financeiro quanto ambiental. Enquanto que, as regras de uso da água e as regras de código de conduta devem ser definidas pelo poder público para estabelecer quem pode utilizar a água e como essa água deve ser utilizada em período de escassez. Essas regras podem adicionar flexibilidade no sistema de gestão de recursos hídricos de forma a garantir maior robustez (estabilidade/capacidade de resposta).

Ressalta ainda, que temperaturas mais elevadas exercem influência direta sobre o consumo aumenta assim como a umidade, dado que em regiões mais secas o consumo é maior. Na ocorrência de precipitação tem-se a redução do consumo de água. O tamanho da família aumenta o consumo, uma vez que, mais pessoas gastam mais água e uma casa maior necessita de mais água para serviços de limpeza.

Famílias com níveis de renda mais elevados podem utilizar mais água que pessoas de baixa renda pois, possuem mais bens de consumo que necessitam de um consumo maior de água, como carro, máquinas de lavar, roupas, etc. Arbués *et al.* (2003) argumenta que esse maior consumo pelas pessoas mais ricas se dá pelo baixo

nível de percepção da estrutura tarifária, uma vez que o valor total da conta representa apenas uma pequena proporção de sua renda. Outro fator que explica o aumento do consumo de água devido ao aumento da renda e que existe uma correlação positiva entre a renda e o tamanho da residência.

Assim, pode-se dizer que a compreensão do comportamento da demanda de água é essencial para a definição de uma estrutura tarifária e de outras medidas que promovam o uso racional da água. Além disso, a percepção do efeito positivo das diversas variáveis sobre o consumo de água ressalta a importância do desenvolvimento de tecnologias que propiciem essa racionalização para a gestão da demanda.

3.3.2 Tecnologias para boas práticas de uso da água

A principal medida de gestão da demanda apontada hoje para contribuir com o uso racional da água é a utilização de aparelhos sanitários economizadores de água. Eles destacam-se na busca pela eficiência do uso da água por reduzir o consumo independentemente da ação do usuário ou da sua disposição em mudar de comportamento.

Segundo Alves (*et al.*, 2006), aparelhos sanitários corresponde um conjunto de peças, aparelhos e equipamentos empregados em edifícios de usos diversos, tais como torneiras e válvulas de mictórios. Dentre os aparelhos sanitários que mais vem sendo utilizados para o uso racional da água pode-se citar as torneiras economizadoras, mictórios sem água e com dispositivos de redução e volume e as bacias sanitárias de volume reduzido. Cada um deles está descrito brevemente a seguir conforme ANA (2005b), Marinho (2007), Scherer (2003), Vieira (2012) e Vimieiro (2005):

i. Torneiras

As torneiras são usadas nos mais diversos pontos de uma edificação: lavatórios (banheiros), pias (cozinhas), tanques (área de serviço), nos jardins e garagens sendo o seu consumo de água proporcional à sua vazão de escoamento e ao tempo de utilização pelo usuário.

As torneiras economizadoras de águas disponíveis no mercado são as torneiras com funcionamento hidromecânico (fechamento automático), por sensor de presença (eletrônico), por válvula de pé, por pedal e hidromecânico adequado a deficientes físicos. Outro sistema com função economizadora, que é incorporado às torneiras, denomina-se arejador (Figura 16). Este é destinado a promover o direcionamento do fluxo de água, evitando dispersões laterais e amortecendo o impacto do jato de água

contra as partes que estão sendo lavadas. Funcionam pelo princípio de Venturi incorporando considerável quantidade de ar ao fluxo de água e reduzindo a vazão e o volume de água utilizado.



Figura 16. Arejador economizador para torneira.
Fonte: DECA (2005).

Nas torneiras hidromecânicas (Figura 17), o controle de vazão é obtido pela regulagem de um registro regulador de vazão, ou seja, os usuários não interferem na vazão, que é convenientemente regulada em função da pressão existente no ponto. A temporização do ciclo de funcionamento também resulta na redução do consumo de água. Este tempo não deve ser muito curto, para evitar que o usuário tenha que acioná-lo várias vezes em uma única operação de lavagem, além de causar desconforto.

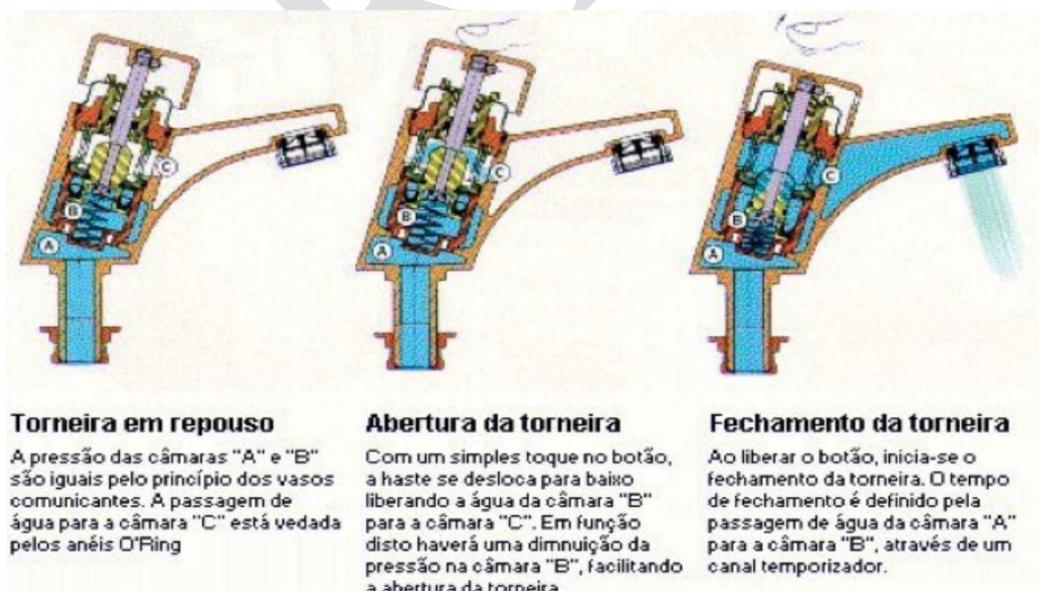


Figura 17. Funcionamento de uma torneira hidromecânica.
Fonte: Amorim (1997).

O acionamento das torneiras com funcionamento por sensor de presença eletrônico ocorre imediatamente ou até 4 segundos da detecção da presença do usuário, evitando-se acionamentos acidentais. O fluxo permanece até o afastamento do usuário ou por um tempo máximo de até 150 segundos. Essas torneiras são mais eficientes que as de fechamento automático, tanto na redução de consumo de água quanto na questão de higiene.

As torneiras com funcionamento por válvula de pé são caracterizadas por apresentarem um sistema de acionamento no piso, à frente da torneira, sendo o fluxo de água liberado durante o tempo em que o usuário permanecer com o pé sobre o acionador. Contudo, é possível que o fluxo seja liberado continuamente se um objeto pesado for deixado sobre o sistema acionador, gerando desperdícios. Esse sistema é adequado para ambiente onde seja necessário que não se tenha contato das mãos com a torneira, como em hospitais e estabelecimento de saúde em geral, dependendo o seu correto uso do nível de conscientização dos usuários.

O pedal usado nas torneiras funciona em forma de alavanca liberando o fluxo de água durante o tempo de acionamento, havendo modelos no mercado que impedem que o usuário permaneça acionando o pedal por um longo período.

ii. Mictórios convencionais com dispositivos economizadores de água

Os mictórios são aparelhos que podem consumir uma quantidade elevada de água caso não seja provido de dispositivos de descargas economizadores de água como, válvulas de acionamento hidromecânico, válvula temporizada, válvula com sensor de presença e a válvula de descarga fluxível.

A válvula de acionamento hidromecânico é caracterizada por um corpo metálico externo que controla e conduz a água até o mictório. Para o acionamento da descarga, o usuário deve pressionar o acionador da válvula liberando o fluxo de água para a bacia do mictório. Após o acionamento pelo o usuário, ocorre o fechamento temporizado pela ação hidromecânica da válvula.

As válvulas temporizadas podem ser facilmente encontradas no mercado e adaptadas às instalações existentes. No temporizador eletrônico pode ser feita a regulagem do intervalo entre descargas e do tempo de duração da descarga. O temporizador envia um sinal a uma válvula solenóide elétrica que faz a liberação do fluxo de água conforme os parâmetros definidos no temporizador. Este sistema pode ser

empregado em mictórios coletivos e em baterias de vários mictórios individuais. Tem a desvantagem de não diferenciar picos e vales de fluxo de usuários

Nos mictórios com válvula de acionamento por sensor de presença, quando o usuário se aproxima e se posiciona de frente ao aparelho, um sensor emite continuamente um sinal imperceptível ao usuário, infravermelho ou ultrassom, detecta a sua presença. Em geral, na maioria dos equipamentos, o fluxo de água só é liberado após o afastamento do usuário, o que garante um menor consumo de água. Tem a vantagem frente aos demais da higiene do usuário, uma vez que este não entra em contato com nenhum componente do sistema. Existem também válvulas eletrônicas que por serem embutidas na parede possuem grande resistência a vandalismo e permitem higienização completa do mictório.

Ainda pouco utilizada no Brasil, a válvula de descarga fluxível apresenta um sifão, semelhante aos das bacias sanitárias, que utiliza o volume de 3,79 litros, liberado a cada acionamento, para realizar a sifonagem. O equipamento apresenta características antivandalismo, porém seu consumo de água é maior se comparado ao dos demais sistemas de mesma função.

iii. Mictórios sem água

Os mictórios que não usam água na sua lavagem (Figura 18) estão em franca expansão na Europa e América do Norte, tendo grande utilização em escolas, bancos, restaurantes, etc. Sua manutenção é realizada da mesma maneira que em um mictório convencional. Pelo fato de que ocorre depósito de sedimento no fundo do dispositivo com selo oleoso, sua limpeza se faz necessária com frequência de 5000 a 7000 visitas, de acordo com fabricantes de selo oleoso. Alguns fabricantes fornecem produtos bactericidas para aspersão diária no mictório, com o objetivo de se evitar mau cheiro.

O mictório sem água é constituído dos seguintes componentes: bacia cerâmica, suporte do cartucho, cartucho, líquido selante, chave para troca do cartucho – opcional. O líquido selante é uma substância composta por mais de 90% de álcoois graxos e o restante de biocida e corantes. Sua cor predominante é o azul e apresenta densidade menor que a da água e da urina, permanecendo em suspensão nas mesmas. O líquido selante se localiza em suspensão na primeira câmara do cartucho. A urina entra pelos orifícios da parte superior do cartucho, penetrando na primeira câmara através do líquido selante que está em suspensão e preenchendo toda a superfície superior do líquido desta câmara. Pelo sistema de vasos comunicantes, a urina é expelida pelo

orifício de saída do cartucho, sendo coletada pelo copo do suporte e de lá para a rede de esgoto. A manutenção requerida é a substituição periódica do cartucho, que se trata de uma peça descartável. A durabilidade do cartucho está associada à obstrução de suas cavidades por material bioquímico que se acumula em seu interior e pelo carreamento do líquido selante.



Figura 18. Esquema de um mictório sem uso de água e vista do aparelho.
Fonte: SCHERER, 2003.

iv. Bacias sanitárias de volume reduzido

Por conta do alto volume de água, as bacias sanitárias tornaram-se um dos principais exemplos de aparelhos sanitários para os quais se buscam soluções de racionalização do consumo trabalhando-se sobre a redução do volume de água descarregada em cada operação de uso.

As bacias sanitárias economizadoras de água disponibilizados no mercado são de válvula de descarga e as com caixa acoplada. As primeiras caracterizam-se por necessitar de aproximadamente 6,8 litros de água para realizar adequadamente o arraste dos dejetos e a limpeza interna e são denominados VDR (volume de descarga reduzido). Elas foram fabricadas obrigatoriamente desde 2002 devido à normatização brasileira e vieram para substituir aqueles que necessitavam de até 30L para que fosse realizada uma limpeza adequada de dejetos.

As bacias sanitárias com caixa acoplada também utilizam apenas cerca de 6,8 litros de água para realizar o arraste dos dejetos e a limpeza interna de forma eficiente. Existem equipamentos que apresentam dois botões de acionamento de descarga, sendo um que libera uma descarga de cerca de 6,8 litros, capaz de arrastar efluentes com sólidos e o outro, que libera cerca de 3 litros de água, suficientes apenas para a limpeza de urina. Também apresentam padronização de cotas de saída de água, não exigindo

obras civis para sua substituição. De acordo com o fabricante, a entrada de água pode se encontrar em diversas posições. A desvantagem desse equipamento é a sua vulnerabilidade ao vandalismo.

Vale ressaltar que a redução de vazões em sistemas prediais de esgotamento sanitário oriundos de volumes reduzidos de descarga de bacias sanitárias pode levar a problemas de autolimpeza em ramais e coletores devido à menor altura da lâmina de água e à menor capacidade de geração de ondas, responsáveis pelo transporte dos sólidos. A adoção indiscriminada de sistemas prediais de consumo reduzido de água sem uma prévia análise global dos sistemas predial e público pode causar o mesmo problema nos sistemas públicos de esgoto sanitário. Assim, fez-se necessário o desenvolvimento de sistemas de esgotamento sanitários especiais para essas situações como, o sistema predial de coleta de esgotamento sanitário a vácuo, onde uma válvula pneumática introduz o esgoto no coletor, e o sistema Gustavsberg, que apresenta um sifão coletor onde é acumulado um volume suficiente de esgoto para garantir a autolimpeza das tubulações.

O potencial de economia de água com a instalação dos aparelhos economizadores varia de acordo com as características do uso de água (tempo de uso) e do sistema hidráulico predial (vazão dos equipamentos hidrossanitários). Gonçalves (2007) e SABESP (2012) relataram o maior potencial de economia de água em torneiras de lavatórios, 87,5% (sensor de presença) e 76,0% (arejador em sistema com pressão entre 150 e 200 kPa), respectivamente. Estes dois estudos estimam economia de 50% de água em torneiras com o uso de arejadores, sendo que para esta economia a SABESP (2012) define pressão máxima de 60kPa. Normalmente, encontrar-se-á pressões inferiores a 60 kPa em sistemas hidráulicos prediais de habitações de interesse social térreas.

Os estudos realizados por ANA (2005b) e SECOVI (2005) relatam os menores potenciais de economia, 24,0 e 22,5%, respectivamente. Determinaram-se estes potenciais de economia para torneiras com arejadores. Nos Estados Unidos, a USEPA (2010) define que a economia média com a instalação de equipamentos economizadores em torneiras é de 30%.

Assim, pode-se dizer que racionalizar o uso da água não significa privar-se deste recurso, mas usá-lo sem desperdício, considerá-lo uma prioridade social e ambiental. A consciencialização dos cidadãos e sua atuação através de pequenas remodelações possíveis de efetuar em suas casas, alterando hábitos e comportamentos, constituirá um

benefício para todas as formas de vida que dependem da água e contribuirá no futuro para uma maior e melhor racionalização deste recurso.

DRAFT

4 BIBLIOGRAFIAS

- ALVES, W. C.; ROCHA, A. L.; GONÇALVES, R. F. **Aparelhos Sanitários Economizadores**. In: *Uso Racional da Água em Edificações* / Ricardo Franci Gonçalves (Coord.). Rio de Janeiro : ABES, Projeto PROSAB, 352 p. 2006.
- AMORIM, S. V. **Metodologia para estruturação de sistemas de informação para projeto dos sistemas hidráulicos prediais**, 1997. Tese (Doutorado), Engenharia Civil Escola Politécnica de Engenharia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.
- ANDRE, D. de M. **Determinantes espaciais e econômicos da demanda residencial por água em Fortaleza, Ceará**. 2012. 74f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Ceará, Programa de Pós Graduação em Economia, 2012.
- ARBUÉS, F.; GARCÍA-VALINÁS, M. A.; ESPINEIRA, R.M. Estimation of residential water demand: a state-of-the-art review. **Journal of Socio-Economics**, v. 32, n. 1, p. 81–102, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL – ABES. **Perdas de sistemas de abastecimento de água: diagnóstico, potencial de ganhos com sua redução e propostas de medidas para o efetivo combate**. 45p. 2013.
- BAHRI, A. **Integrated Urban Water Management**. Global Water Partnership, Technical Committee background papers, No.16, GWP: Estocolmo, 2012.
- BAZZARELLA, B. B. **Caracterização e aproveitamento de água cinza para uso não potável em edificações**. 165f. 2005. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade federal do Espírito Santo, 2005.
- BENTO, L. V. **Governança e governabilidade da reforma do Estado: entre eficiência e democracia**. Editora Manole, 2003
- BRASIL, C. M. **Estimação da demanda residencial de água da CAGECE considerando não-linearidades na estrutura tarifária**. 62 p. 2009. Monografia (Bacharelado em economia), Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.
- BRASIL. **Lei Federal n. 9.433**, de 08 de janeiro de 1997, republicada em 22 de março de 2002, juntamente com o texto da Lei Federal n. 9.984/2000, que criou a Agência Nacional de Águas. 1997.
- BRASIL. **Plano Territorial de Desenvolvimento Rural Sustentável: Território do Vale do Jaguaribe**. MDA/SDT/Fortaleza: Instituto Agropolos do Ceará, 366p. 2011.
- BRUVOLD, W. **Municipal Water Conservation**. Califórnia Water Resources Center, Berkeley, September, 1988.
- CAGECE. **Índice de cobertura**. 2016a. Disponível em: <<http://www.cagece.com.br/numeros/indice-de-cobertura>>. Acesso em: Fevereiro de 2016.
- CAGECE. **Nova Estrutura Tarifária**. 2016b. Disponível em: <<http://www.cagece.com.br/nova-estrutura-tarifariaa>>. Acesso em Fevereiro de 2016.
- CASTRO, José Liberal. **Contribuição de Adolpho Herbster à forma urbana da cidade da Fortaleza**. Revista do Instituto do Ceará. Fortaleza, vol. 108, 1994

- CASTRO, L. M. A.. **Proposição de Indicadores para a Avaliação de Sistemas de Drenagem Urbana**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Belo Horizonte, 118p., 2002.
- CAVALCANTE, I. N. **Fundamentos hidrogeológicos para a gestão integrada dos recursos hídricos na Região Metropolitana de Fortaleza, estado do Ceará**. 182p. 1998. Tese (Doutorado), Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 1998.
- CERTEAU, Michel de. **A Invenção do Cotidiano: Artes de Fazer**. Petrópolis, RJ:
- COGERH, **Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica/Financeira e Projeto Básico da Usina de Dessalinização da Água do Mar do CIPP**. Fortaleza, VBA, 2006.
- COGERH. **Plano de Gerenciamento das Águas das Bacias Metropolitanas**. Relatório de fase III: Programação – Tomo I. Ceará: Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos, 227p. 1998.
- COGERH. **Plano de Gerenciamento das Águas das Bacias Metropolitanas**. CEARÁ: Secretaria de Recursos Hídricos/Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos. 2000.
- COGERH. Relatório . **XXII Seminário de alocação negociada das águas dos vales do Jaguaribe e Banabuiú 2015.2**.
- COHIM, E.; ORRICO, S.; KIERONSKI, D. B. **Manejo e qualidade da água da chuva no meio urbano**. In: Santos, D. B; Medeiros, S. S; Brito, L. T. L; Gnadlinger, J.; Cohin, E.; Paz, V. P . S; Gheyi, H. J. (Org.). **Captação, Manejo e Uso da Água da Chuva**. 1ed. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, p. 109-209. 2015.
- CORDEIRO, Celeste. **Brinquedos de memória. A infância em Fortaleza no início do século XX**. Fundação Demócrito Rocha, Fortaleza, 1996.
- COUTINHO, A. C. R. A. M. **Reutilização de águas: Utilização de água cinza in situ**. 193f. 2009. Tese (Doutorado), Ciências de Engenharia, Universidade de Trás os Montes e Alto Douro. 2009.
- DORNELLES, F. **Aproveitamento de água de chuva no meio urbano e seu efeito na drenagem pluvial**. 232f. 2012. Tese (Doutorado), Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012.
- DRUMOND, P. P.. **Estudo da influência da reservação de águas pluviais em lotes no município de Belo Horizonte, MG: Avaliação hidráulica e hidrológica**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 203p., 2012.
- DURKHEIM, Émile. **Da divisão do trabalho social**. 2ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 2004.
- ELIAS, Nobert. **A sociedade dos indivíduos**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1994.
- EPA. **Control and mitigation of drinking water losses in distribution systems**. Washington: United States Environmental Protection Agency - EPA. 176p.
- GIDDENS, A. **Admirável Mundo Novo: o novo contexto da política**. Cad. CRH., Salvador, n.21. p.9-28, jul./dez.1994
- GOMES, M. C. R. **Análise situacional qualitativa sobre as águas subterrâneas de Fortaleza, Ceará – Brasil como subsídio à gestão dos recursos hídricos**. 2013. 212f.

Tese (Doutorado), Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Geologia, 2013.

GONÇALVES, O. M. **Manual de Conservação de Água**. Programa de Conservação de Águas, Gênese Takaoka, 107 p., São Paulo, 2007.

GROUP RAINDROPS. **Aproveitamento da Água da Chuva**. In: KOBAYAMA, M.; USHIWATA, C.T.; AFONSO, M. A. Editora Organic Trading – Curitiba/PR. 2002.

HEIJNEN, H. **Captação de água de chuva: aspectos de qualidade da água, saúde e higiene**. In: Santos, D. B; Medeiros, S. S; Brito, L. T. L; Gnadlinger, J.; Cohin, E.; Paz, V. P. S; Gheyi, H. J. (Org.). **Captação, Manejo e Uso da Água da Chuva**. 1ed. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, p. 75-91. 2015.

HERRMANN T.; SCHMIDA, U. Rainwater utilisation in Germany: efficiency, dimensioning, hydraulic and environmental aspects. **Urban Water**, n.1, p. 307-316, 1999.

IPECE. **Perfil básico municipal 2014** – Fortaleza. Secretária do Planejamento e Gestão/Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. 2014.

IPLANFOR/FCPC. **Demografia e dinâmica populacional**. Plano de Desenvolvimento Econômico e Social – Fortaleza 2040. Relatório Preliminar. Prefeitura Municipal de Fortaleza – IPLANFOR / FCPC. 2015b.

IPLANFOR/FCPC. **Interpretação da forma de Fortaleza: Urbanismo e Mobilidade**. Plano Mestre Urbanístico e de Mobilidade – Fortaleza 2040. Relatório Preliminar. Prefeitura Municipal de Fortaleza – IPLANFOR / FCPC. 2015a.

ISA. **Abastecimento de água e esgotamento sanitário nas capitais brasileiras**. São Paulo: Instituto Socioambiental – ISA, 2007. 23 p.

IWA/BLUE PAGES. **Losses from Water Supply Systems: Standard terminology and Recommended Performance Measures**. London: IWA Publishing, 2000.

JUAN, J. A. M. S. **Desalación de aguas salobres y de mar**. Osmose inversa. Madrid: Mundi-Prensa. 395p. 2000.

JUCA, Gisafran Nazareno Mota. **Verso e reverso do perfil urbano de Fortaleza (1945-1960)**. São Paulo, Annablume; Fortaleza, Secretaria de Cultura e Desporto do estado do Ceará, 2000.

JUCA, Gisafran Nazareno Mota. **Verso e reverso do perfil urbano de Fortaleza (1945-1960)**. São Paulo, Annablume; Fortaleza, Secretaria de Cultura e Desporto do estado do Ceará, 2000.

KIRSHEN, P.; CAPUTO, L.; VOGEL, R. M.; MATHISEN, P.; ROSNER, A.; RENAUD, T.. **Adapting Urban Infrastructure to Climate Change: A Drainage Case Study**. Journal of Water Resources Planning and Management, Vol. 141, No. 4, 2015.

LAZAROVA, V.; HILLS, S.; BIRKS, R. Using recycled water for non-potable, urban uses: a review with particular reference to toilet flushing. **Water Supply**, 3(4), 69-77. 2003.

LEE, J. G.; HEANEY, J. P.. Estimation of Urban Imperviousness and its Impacts on Storm Water Systems. **Journal of Water Resources Planning and Management**, Vol. 129, No. 5, September 1, 2003.

- LEFEBVRE, Henri. **O direito à cidade**. São Paulo: Ed. Documentos, 1969.
- LEMOS, E. C. L.; CAVALCANTE, I. N.; SANTOS, A. C. Aspectos qualitativos das águas subterrâneas na Região Metropolitana de Fortaleza. In: II Congresso internacional de Meio Ambiente Subterrâneo, **Anais...**, 2011.
- MAIA NETO, Emy Falcão. **O Abastecimento de água em Fortaleza - CE (1813 – 1867)**. Revista Espacialidades [online]. 2014, v. 7, n. 1. ISSN 1984-817X. Acesso em 15 de dezembro de 2015.
- MAILHOT, A.; DUCHESNE, S.. **Design Criteria of Urban Drainage Infrastructures under Climate Change**. Journal of Water Resources Planning and Management, Vol. 136, No. 2, March 1, 2010.
- MARINHO, E, C. A. **Uso Racional da água em edificações públicas**. 72f. 2007. Monografia (Especialização), Curso de especialização em Construção Civil, Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.
- MARQUES, C. E. B.. **Proposta de Método para a Formulação de Planos Diretores de Drenagem Urbana**. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, 153p., 2006.
- MARTINS, Carlos Benedito. **Em defesa do conceito de sociedade**. Anthony Iliot & Bryan Turner . **On society** . Cambridge, Polity Press (Resenha), Revista brasileira de ciências sociais- Vol. 28n° 82 2012. 196p
- MILUTINOVIC, M. **Literature review of water demand**. 2006.
- MOURA, P. M. **Contribuição para a Avaliação Global de Sistemas de Drenagem Urbana**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 164p., 2004.
- NIEMCZYNOWICZ, J. **Urban hydrology and water management – present and future challenges**. Urban Water, Vol. 1, p. 1-14, 1999.
- NOBRE, Geraldo S. **João da Silva Feijó: Um Naturalista no Ceará**. GRECEL, Fortaleza, 1978.
- OMS. **Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture**. Geneva: OMS. 1989.
- PREFEITURA DE FORTALEZA. **Diagnóstico do Sistema de Esgotamento Sanitário**. Fortaleza: Secretaria Municipal de Urbanismo e Meio Ambiente, Convênio de Cooperação Técnica entre Companhia de Água e Esgoto do Ceará – Cagece e Agência Reguladora de Fortaleza – ACFOR, 80p. 2014a.
- PREFEITURA DE FORTALEZA. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Fortaleza**. Fortaleza: Secretaria Municipal de Urbanismo e Meio Ambiente, Convênio de Cooperação Técnica entre Companhia de Água e Esgoto do Ceará – Cagece e Agência Reguladora de Fortaleza – ACFOR, Relatório de Andamento, 2014b.
- RAFFESTIN, Claude. **Pour une géographie du pouvoir**. Paris, Litec, 1980.
- RIGHETTO, A. M. (Org.). **Manejo de Águas Pluviais Urbanas**. Projeto PROSAB – Programa de Pesquisa em Saneamento Básico, Vol.5, 396p., Rio de Janeiro: ABES, 2009.

ROSA, A. L. T. da; FONTENELE, R. E. S.; NOGUEIRA, C. A. G. **Estimativa da demanda de água residencial urbana no estado do Ceará**. In: EnANPAD 2006. Salvador/BA - Brasil: [s.n.], p. 1–16, 2006.

SABESP. **Equipamentos Economizadores**. 2012. São Paulo: Companhia de Saneamento Básico- SABESP. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=145>>. Acesso em Fevereiro de 2016.

SANTOS, G. J. Sistema de reúso de água: projetos e estudos de casos”. In: Mancuso, P.C.S., Santos, H.F, *Reúso de Água*, 1.ed. cap. 14, Barueri, SP, Editora Manole, pp.501-511. 2003.

SANTOS-OLIVEIRA, J. *A lagunagem em Portugal: Conceitos básicos e aplicações práticas*. Lisboa: Edições Universitárias Lusófonas. 1995.

SCHERER, F. A. **Uso racional de água em escolas públicas: diretrizes para secretarias de educação**. 2003. Dissertação (Mestrado), Escola Politécnica de Engenharia, Universidade de São Paulo, 2003.

SECOVI - Sindicato das empresas de compra, venda, locação e administração de imóveis residenciais e comerciais de São Paulo. **Manual do Uso Racional da Água**. Secovi, p. 25, São Paulo, 2005.

SILVA, F. J. A.; ARAÚJO, A. L.; SOUZA, R. O. Águas subterrâneas no Ceará – poços instalados e Salinidade. *Rev. Tecnol.* Fortaleza, v. 28, n. 2, p. 136-159, 2007.

SILVA, S. M. O. **Compensação financeira como mecanismo de gestão de risco na alocação de água**. 2015. 175f. Tese (Doutorado). Pós-Graduação em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2015.

SILVA, Samiria Maria Oliveira da. **Compensação financeira como mecanismo de gestão de risco na alocação de água**. Tese do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil com Área de Concentração em Recursos Hídricos. Fortaleza- Ceará- Brasil Universidade Federal do Ceará, 2015.

SILVA, José Borzacchiello da. **Os Incomodados não se retiram**. Ed. Multigraf, Fortaleza, 1992.

SILVEIRA, A. P. P; et al. **Dessalinização de águas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. 245p.

SIMMEL, George. A natureza sociológica do conflito, in MORAES FILHO, Evaristo (org.). Sociologia. Simmel. **Coleção Grandes Cientistas Sociais**. São Paulo: Ática, 1983.

SOARES, D.M. **Programa de Controle e Redução de Perdas** – Diretoria Metropolitana de Distribuição – M. Cia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP. São Paulo, 2004.

SOUZA, Maria salete. **Fortaleza: Uma análise da Estrutura Urbana**. 3 Encontro de Geógrafos/AGB, Fortaleza, 1978.

SOUZA, V. C. B. **Estudo Experimental de Trincheiras de Infiltração no Controle da Geração do Escoamento Superficial**. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 151p., 2002.

SOUZA, L. F. Dessalinização como fonte alternativa de água potável. **Norte Científico**, v.1, n.1, 2006.

SRH. **Estudos para a definição e implementação da política tarifária de água bruta no estado do Ceará: 5º Relatório**. PROGERIRH-PILOTO/CE/SRH. 2002a

Sustainable Water Management Improves Tomorrows Cities Health – SWITCH. **SWITCH Approach to Strategic planning for Integrated Urban Water Management (IUWM)**. Versão para o “Integration review” da União Europeia, Outubro de 2008.

TARDELLI FILHO, J. **Controle e Redução de Perdas**. In TSUTIYA, M. T. Abastecimento de água. 3ª edição. Depto de engenharia hidráulica e sanitária da Escola Politécnica da USP. 2006.

THOMAS, T. H.; MARTINSON, D. B. Roofwater harvesting. A handbook for practitioner. Delft: International Water and Sanitation Centre. **Technical Paper Series**, 49, 160p. 2007.

THORNTON, J. **Water loss control manual**. 1st ed. Hightstown: McGraw-Hill Professional, 2002.

TSUTIYA, M.T. **Abastecimento de água**. 1º Edição, São Paulo, DHS/POLI – USP. 2006. 643p.

TUCCI, C. E. M.; GENZ, F.. **Controle do impacto da urbanização**. In: TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BARROS, M. T.. (Org.) *Drenagem Urbana*. 2 ed., EDUSP, Editora da UFRG, ABRH, Porto Alegre, p.277-347, 1995.

UFC/COGERH. **Relatório dos Estudos de regionalização de parâmetros de modelo hidrológico chuva-vazão, para as bacias totais e incrementais dos reservatórios monitorados pela Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos**. Convênio UFC/COGERH/FCPC, Fortaleza, 2013, 24p.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Handbook: urban runoff pollution prevention and control planning**. EPA/625/R-93/004. 175p. Washington: EPA, 1993.

URBONAS, B.; STAHRÉ, P.. **Stormwater: best management, practices and detention water quality drainage, and CSO management**. Prentice Hall. Englewood Cliffs, 449 p., 1993.

USAID. **Adapting to climate variability and change: A guidance manual for development planning**. Washington, DC: United States Agency for International Development (USAID), WALPOLE, R., 2007.

VARES, Sidnei Ferreira de. **Solidariedade mecânica e solidariedade orgânica em Émile Durkheim: dois conceitos e um dilema**. Mediações, Londrina, V. 18 N. 2, P. 148-171, JUL./DEZ. 2013

VIEIRA, A. S. **Uso racional de água em habitações de interesse social como estratégia para a conservação de energia em Florianópolis, Santa Catarina**. 190f. 2012. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Catarina, Pós-Graduação em Engenharia Civil. 2012.

VIGGIANO, M. H. S. Sistemas de reuso das águas cinza. Revista *Técne*, ano 13, n. 98, p. 76-79, 2005. Vozes, 1994.

YÁGIZI, Eduardo. **A alma do lugar: turismo, planejamento e cotidiano em litorais e montanhas**. São Paulo: Contexto, 2001.

ZANELLA, L. **Viabilidade técnica e econômica da captação de água de chuva no meio urbano**. In: Captação, manejo e uso de água de chuva. Campina Grande, PB: INSA, p. 147-168, 2015.

DRAFT