

**José Dantas Neto (Org.)**

Antônio Gláucio de Sousa Gomes; Érica Cristine Medeiros Nobre Machado;  
João Batista de Sousa Neto; Josandra Araújo Barreto de Melo; José Dantas Neto;  
Maria de Fátima Nóbrega Barbosa; Patrícia Borba Vilar Guimarães;  
Péricles Tadeu da Costa Bezerra; Romildo Morant de Holanda;  
Ronildo Alcântara Pereira; Suênya Freire do Monte Santos.

**USO EFICIENTE DA ÁGUA: aspectos teóricos e práticos**

**Campina Grande – Paraíba**

**2008**

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 –	ESPAÇO DE REGULAMENTAÇÃO E SUA INTERAÇÃO COM O SISTEMA AMBIENTAL.....	13
FIGURA 2 –	DISTRIBUIÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA EM UMA RESIDÊNCIA.....	20
FIGURA 3 –	CONSUMO DE ÁGUA EM TORNEIRAS.....	22
FIGURA 4 –	DESPERDÍCIO DE ÁGUA NA TORNEIRA MAL FECHADA .....	22
FIGURA 5 –	SISTEMA DE CAPTAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA .....	25
FIGURA 6 –	ESQUEMA DE REÚSO DE ÁGUA EM UMA RESIDÊNCIA.....	27
FIGURA 7 –	SISTEMA DE MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA EM EDIFÍCIOS .....	29
FIGURA 8 –	CASA ECOEFICIENTE NA CIDADE DE CAMPINA GRANDE – PB.....	35
FIGURA 9 –	NOVA DELIMITAÇÃO DO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO .....	45

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 –	EVOLUÇÃO DA COBERTURA DOS SERVIÇOS DE ÁGUA E ESGOTOS NO BRASIL (%) .....	9
QUADRO 2 –	DISTRIBUIÇÃO REGIONAL DOS DÉFICITS EM SANEAMENTO BÁSICO .....	10
QUADRO 3 –	SANEAMENTO E POBREZA, 1992 E 1999 .....	10
QUADRO 4 –	SANEAMENTO BÁSICO NOS MUNICÍPIOS, 1989 E 2000 .....	11
QUADRO 5 –	DISTRIBUIÇÃO DA FREQUÊNCIA E PROPORÇÃO DAS INTERNAÇÕES HOSPITALARES POR DRSAI (1996 A 2000) ....	11
QUADRO 6 –	ELEMENTOS CHAVE PARA DESENVOLVER ESTRATÉGIAS PARA O USO EFICIENTE DA ÁGUA.....	
QUADRO 7 –	PRINCIPAIS OPÇÕES PARA REÚSO DE ÁGUA NA INDÚSTRIA .....	

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>CAPÍTULO 1</b>	
<b>USO EFICIENTE DA ÁGUA NAS CIDADES: O PAPEL DA REGULAMENTAÇÃO DO SANEAMENTO URBANO NA BUSCA DA SUSTENTABILIDADE HÍDRICA NO BRASIL</b> .....	3
1 INTRODUÇÃO .....	3
2 CARACTERÍSTICAS DO SERVIÇO DE SANEAMENTO NO BRASIL .....	4
3 RELAÇÕES ENTRE O MARCO REGULATÓRIO PARA A GESTÃO DE ÁGUAS E O SANEAMENTO NO BRASIL .....	12
4 CONCLUSÕES .....	16
5 REFERÊNCIAS .....	16
<b>CAPÍTULO 2</b>	
<b>USO EFICIENTE DA ÁGUA EM RESIDÊNCIAS: TEORIA E APLICAÇÕES</b> .....	18
1 INTRODUÇÃO .....	18
2 AÇÕES TECNOLÓGICAS PARA VIABILIZAR O USO RACIONAL DA ÁGUA EM RESIDÊNCIAS .....	20
2.1 APARELHOS ECONOMIZADORES DE ÁGUA .....	20
2.2 CAPTAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA .....	24
2.3 REÚSO DE ÁGUA .....	26
2.4 MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA EM EDIFÍCIOS .....	28
3 AÇÕES EDUCACIONAIS PARA VIABILIZAR O USO RACIONAL DA ÁGUA EM RESIDÊNCIAS .....	30
4 OUTRAS AÇÕES PARA VIABILIZAR O USO RACIONAL DA ÁGUA EM RESIDÊNCIAS .....	31
5 EXPERIÊNCIAS BRASILEIRAS NA ADOÇÃO DAS AÇÕES DE RACIONALIZAÇÃO DO USO DA ÁGUA .....	32
5.1 PROGRAMA DE USO RACIONAL DA ÁGUA (PURA) – SÃO PAULO/SP .....	32

5.2 UTILIZAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL EM CONDOMÍNIOS VERTICAIS – SÃO CARLOS/SP .....	33
5.3 UTILIZAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL EM CONDOMÍNIOS HORIZONTAIS.....	33
5.4 MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA EM EDIFÍCIOS – ESTADO DE PERNAMBUCO.....	34
5.5 AÇÕES DE USO RACIONAL DA ÁGUA EM EDIFICAÇÕES .....	34
5.6 CASA ECOEFICIENTE – CAMPINA GRANDE/PB.....	34
5.7 EDUCAÇÃO AMBIENTAL EM RESIDÊNCIAS RURAIS DA PARAÍBA .....	36
6 CONCLUSÃO.....	37
7 REFERÊNCIAS.....	38

### **CAPÍTULO 3**

#### **RECURSOS HÍDRICOS NA ZONA RURAL DO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO: FORMAS DE CAPTAÇÃO, QUALIDADE DA ÁGUA E CONFIGURAÇÃO DE CENÁRIOS DISTINTOS .....**

1 INTRODUÇÃO .....	40
2 DELIMITAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO .....	43
3 FORMAS DE CAPTAÇÃO E POSSÍVEIS IMPLICAÇÕES DECORRENTES DA AUSÊNCIA DE TRATAMENTO DA ÁGUA CONSUMIDA PELA POPULAÇÃO RURAL DO SEMI-ÁRIDO .....	47
4 EXPERIÊNCIAS EXITOSAS EM ÁREAS COM BAIXA DISPONIBILIDADE HÍDRICA .....	54
5 O PAPEL DA TECNOLOGIA NA CONFIGURAÇÃO DE DISTINTOS CENÁRIOS DE USO DA ÁGUA NO NORDESTE SEMI-ÁRIDO .....	55
6 MECANISMOS DE GESTÃO DA ÁGUA NO SEMI-ÁRIDO .....	58
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	60
8 REFERÊNCIAS.....	61

### **CAPÍTULO 4**

#### **USO EFICIENTE DA ÁGUA EM INDÚSTRIAS .....**

1 INTRODUÇÃO .....	64
--------------------	----

2 USO EFICIENTE DA ÁGUA: CONCEITOS.....	65
3 O USO EFICIENTE DA ÁGUA: DISCUTINDO ALGUNS PRINCÍPIOS .....	67
4 ESTRATÉGIAS PARA O USO EFICIENTE DA ÁGUA .....	69
5 USO EFICIENTE DA ÁGUA NA INDÚSTRIA.....	70
6 EXPERIÊNCIAS DO USO EFICIENTE DA ÁGUA EM INDÚSTRIAS BRASILEIRAS .....	76
6.1 O USO RACIONAL E O REÚSO COMO FERRAMENTAS PARA O GERENCIAMENTO DE ÁGUAS E EFLUENTES NA INDÚSTRIA: ESTUDO DE CASO DA KODAK BRASILEIRA.....	77
6.2 PROJETO REALIZADO NA ESTAÇÃO JESUS NETTO EM SÃO PAULO.....	82
6.3 REÚSO DE ÁGUA EM LAVANDERIA DE ROUPAS HOSPITALARES .....	82
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	83
8 REFERÊNCIAS.....	84

## **CAPÍTULO 5**

<b>REUSO DA ÁGUA NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO.....</b>	<b>86</b>
1 INTRODUÇÃO .....	86
2 CONSTRUÇÃO CIVIL – CARACTERIZAÇÃO DO SETOR .....	87
2.1 REUSO DE ÁGUA .....	89
2.1.1 Técnicas de Reuso Local (item 5.6 NBR 13.969 / 97).....	89
2.1.2 Planejamento do Sistema de Reuso (item 5.6.1 NBR 13.969/97).....	90
2.1.3 Os Usos Previstos para o Esgoto Tratado (item 5.6.2 NBR 13.969 / 97).....	90
2.1.4 Volume de Esgoto a ser Reutilizado (item 5.6.3 NBR 13.969 / 97).....	90
2.1.5 Grau de Tratamento Necessários (item 5.6.4 NBR 13.969 / 97).....	91
2.1.6 Sistema de Reservação e de Distribuição (item 5.6.5 NBR 13.969/97) .....	93
2.1.7 Manual de Operação e Treinamento dos Responsáveis (item 5.6.6 NBR 13969/97).....	94
2.1.8 Amostragem para Análise do Desempenho e do Monitoramento (item 6 NBR 13.969/97) .....	94
2.2 PROBLEMÁTICA NO BRASIL .....	94
2.3 CONSUMO DE ÁGUA NOS CANTEIROS .....	96
2.4 DEMANDA POR ÁGUA NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS .....	96
2.5 MEDIDAS PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA NAS OBRAS .....	97

3 CONCLUSÕES .....	98
4 REFERÊNCIAS .....	98
5 ANEXO.....	101

## INTRODUÇÃO

Este livro representa o resultado dos trabalhos acadêmicos que foram desenvolvidos pelos Mestrandos e Doutorandos do Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) quando foi ministrada a disciplina Uso Eficiente da Água, sob minha coordenação.

O objetivo norteador desse trabalho se concentra em trazer fundamentos teóricos e práticos do uso racional da água ligado a diversos setores da atividade econômica onde a utilização desse recurso natural é de fundamental importância para o desenvolvimento dessas atividades.

Assim, o Capítulo 1 mostra que a Gestão dos Recursos Hídricos e as Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico no Brasil, com seus desdobramentos específicos e pontos de contato merecem ser analisados conjuntamente, para permitir a integração de seus instrumentos nos processos de otimização e uso eficiente da água.

O Capítulo 2 apresenta alternativas de racionalização do uso da água em residências domiciliares, as quais têm como objetivo promover a conservação e a sustentabilidade deste recurso natural.

O Capítulo 3 se propõe a analisar a questão da oferta/demanda de recursos hídricos nessa região; destacar a precariedade do sistema de captação e abastecimento de água nas comunidades rurais; relatar a prática de algumas experiências de sucesso na região, que configura o delineamento de dois cenários distintos; e, por fim, ressaltar a necessidade de gestão adequada dos recursos hídricos na região em pauta, visando ampliar a quantidade/qualidade das fontes existentes, com um maior controle da poluição nas fontes de fornecimento doméstico, além de ampliação dos sistemas de tratamento de água de abastecimento na zona rural, visto que sua ausência e/ou precariedade poderá acarretar seqüelas à saúde da população local, que desprovida de água tratada, consume água de qualidade inferior.

O Capítulo 4 tem por escopo abordar aspectos conceituais e práticos do uso eficiente da água ligado ao setor industrial. Assim, num primeiro momento serão feitas explanações sobre alguns aspectos conceituais e técnicos do uso eficiente da água em indústrias, posteriormente serão apresentadas algumas experiências de

indústrias brasileiras que implantaram sistemas de uso eficiente de água em seus processos produtivos com resultados sustentáveis.

Por fim, o Capítulo 5 se debruça sobre um problema que pode ser observado em todo o planeta, tendo por preocupação buscar respostas no sentido de saber como intervir no controle e no uso racional da água na indústria da construção civil, focando a etapa da produção das obras, na elaboração dos projetos e na utilização pelo usuário final.

**José Dantas Neto, Dr.**  
**Professor da UFCG**

## **CAPÍTULO 1**

### **USO EFICIENTE DA ÁGUA NAS CIDADES: O PAPEL DA REGULAMENTAÇÃO DO SANEAMENTO URBANO NA BUSCA DA SUSTENTABILIDADE HÍDRICA NO BRASIL**

Patrícia Borba Vilar Guimarães

**Doutoranda do Programa de Pós-Graduação  
em Recursos Naturais/Universidade Federal  
de Campina Grande, PB/BRASIL**

João Batista de Sousa Neto

**Mestrando do Programa de Pós-Graduação  
em Recursos Naturais/Universidade Federal  
de Campina Grande, PB/BRASIL**

## **1 INTRODUÇÃO**

A água se insere entre os elementos que causam maior preocupação aos ambientalistas do mundo todo, em razão da escassez, mas apenas há algumas décadas o mundo despertou para a realidade adversa de que, diante dos maus usos, é preciso acabar com a falsa idéia de que a água é inesgotável. O Desenvolvimento da humanidade está associado aos usos da água, e durante milênios, a consideramos como um recurso infinito.

Durante a Conferência Internacional sobre Água e Meio Ambiente, realizada em Dublin, o Brasil encontrou o respaldo necessário para fortalecimento do movimento organizado pela sociedade, por técnicos, cientistas e gestores do setor, pela modernização da gestão das águas no país. A Declaração de Dublin reforça entendimento da necessidade de atenção especial ao uso da água, tratando que:

A escassez e o desperdício da água doce representam sérias e crescentes ameaças ao desenvolvimento sustentável e a proteção ao meio ambiente, a saúde e o bem estar do homem, a garantia de alimentos, o desenvolvimento industrial e o equilíbrio dos ecossistemas estarão sob risco se a gestão da água e do solo não se tornarem realidade na presente década, de forma bem mais efetiva do que tem sido no passado.

Nessa conferência foram estabelecidos os chamados “Princípios de Dublin” que norteiam a gestão e as políticas públicas para as águas em todo o mundo. (DUBLIN, 1992)

A Gestão dos Recursos Hídricos e as Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico no Brasil, com seus desdobramentos específicos e pontos de contato merecem ser analisados conjuntamente, para permitir a integração de seus instrumentos nos processos de otimização e uso eficiente da água.

## **2 CARACTERÍSTICAS DO SERVIÇO DE SANEAMENTO NO BRASIL**

No Brasil, a base do quadro legal relativo ao meio-ambiente está representada no Art. 225 da Constituição Federal, inserido no Título específico “Da Ordem Econômica”. Este artigo exerce o papel de principal norteador dos aspectos legais relativos ao meio ambiente e regula um complexo teor de direitos, mensurado pela obrigação do Estado e da Sociedade na garantia de um meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo que deve ser preservado e mantido para as presentes e futuras gerações.

O Estado Nacional também define políticas públicas específicas para a gestão de bens ambientais, com destaque para a água. No âmbito da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), o legislador se preocupou em criar modalidades diferentes de participação social por meio de organizações civis, englobando tanto associações locais de usuários diretos de recursos hídricos, tais como pescadores ou populações ribeirinhas, quanto organizações com interesse científico, participantes do sistema, incluindo também um conceito de “organizações não-governamentais com objetivos de defesa de interesses difusos e coletivos da sociedade”<sup>1</sup>, ou seja, não apenas organizações com área de atuação específica ou

---

<sup>1</sup> BRASIL. Lei 9.433/97, art. 57, IV.

limitada às questões atinentes aos recursos hídricos participam do sistema. Os Comitês de Bacia – verdadeiros parlamentos da água - passam a ser fóruns importantes para a formulação e gestão moderna das políticas e ações voltadas a garantir a sustentabilidade do desenvolvimento, e especialmente do manejo sustentável e conservação dos recursos hídricos, em cotejo com a gestão ambiental<sup>2</sup>.

#### Segundo documento do Ministério do Meio Ambiente:

O principal impacto dessa nova abordagem no Brasil, foi a de reorientar gradualmente a gestão ambiental de uma posição baseada no 'comando e controle', ou de exercício de poder de polícia do Estado sobre a utilização dos recursos naturais, para uma postura de gestão econômica dos recursos ambientais. (BRASIL, 2001).

Este documento evidencia a presença atual dos conceitos de governança, compreendida nos seus fundamentos legais e econômicos, em oposição ao sistema centralizador até então predominante nas políticas ambientais, ditas de comando e controle.

A nova gestão ambiental foi concebida para o estabelecimento conjunto com a sociedade de normas para a gestão dos recursos e controle de danos ao meio-ambiente, criando as bases de uma governança pública ambiental.

A gestão passou a ser o operador conceitual através do qual se confrontam os objetivos de desenvolvimento econômico e de organização territorial, bem como aqueles relacionados à conservação da natureza ou à manutenção ou recuperação da qualidade ambiental. (MACHADO, 2003, p. 24).

Os usos da água, entretanto, envolvem uma interação conflituosa entre um conjunto significativo de interesses sociais diversos.

Com a recente promulgação da Lei Federal nº 11.445, em 05 de janeiro de 2007 (LDBSN), estabeleceram-se no Brasil as diretrizes nacionais para o saneamento básico trazendo consigo novo marco regulatório para o setor. A mesma lei define o âmbito da aplicação no saneamento brasileiro da seguinte forma:

---

<sup>2</sup> A Gestão Ambiental pode ser definida como o processo de articulação das ações dos diferentes agentes sociais que interagem em um dado espaço, com vistas a garantir a adequação dos meios de exploração dos recursos ambientais – naturais, econômicos e sócio culturais - as especificidades do meio ambiente, com base em princípios e diretrizes previamente acordados/definidos. (LANNA, 2002).

Art. 3º Para os efeitos desta Lei,

Considera-se:

I – saneamento básico: conjunto de serviços, infra-estruturas e instalações operacionais de:

a) abastecimento de água potável;

b) esgotamento sanitário;

c) limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos;

d) drenagem e manejo das águas pluviais urbanas (BRASIL, 2007).

Os serviços de saneamento básico no Brasil, portanto, compreendem: o abastecimento de água, o esgotamento sanitário, a coleta de lixo<sup>3</sup> e a drenagem de águas pluviais. Todos estes serviços são essenciais à vida digna, e a qualidade da sua gestão provoca fortes impactos na saúde da população e no meio ambiente. Sua prestação é uma obrigação do Estado brasileiro, que pode executá-la diretamente, por agentes públicos ou privados, mediante concessão ou permissão.

Historicamente, no período colonial até fins do século XVIII a economia brasileira foi condicionada à exploração intensiva de recursos naturais e às monoculturas com mão-de-obra escrava, caracterizada por sucessivos ciclos mercantis (pau-brasil, açúcar, ouro, borracha e café) e as condições institucionais de povoamento do país deram-se sempre em função da proximidade de boas fontes de água, que serviam tanto para o abastecimento da população, como para o despejo de dejetos de toda natureza. Sob o regime monárquico a saúde apresentava-se como uma questão de domínio privado, familiar, local, não havendo ações empreendidas pelo governo no sentido de proporcionar melhorias no saneamento. Já sob administração portuguesa, a partir do século XVIII, o abastecimento público de água se fazia através de chafarizes e fontes próprias. A captação e a distribuição da água eram de responsabilidade de cada vila. A remoção de dejetos e de lixo era tratada de forma individualizada pelas famílias. Com a chegada da família imperial em 1808, no Rio de Janeiro, em duas décadas a população duplicou (100.000 habitantes em 1822), aumentando as demandas por abastecimento d'água e eliminação de resíduos.

Com a implantação da Primeira República, tanto o comércio como os serviços de utilidade pública eram subordinados ao capital estrangeiro, sobretudo inglês, com concessões à iniciativa privada. Nesta época, o Rio de Janeiro foi a 5ª cidade no mundo a adotar um sistema de coleta de esgoto modernizado, concluído

---

<sup>3</sup> Há um projeto de lei em trâmite no Congresso Nacional, a fim de instituir política pública específica para a gestão dos resíduos sólidos.

em 1864. As redes para abastecimento de água e esgotamento sanitário cobriam apenas os núcleos centrais urbanos e atendiam pequena parcela da população, com tal situação se prolongando até as primeiras décadas do século XX.

Ao final da 1ª Guerra Mundial, o declínio da influência estrangeira no campo das concessões de serviços públicos coincidiu com uma insatisfação generalizada acerca do atendimento e falta de investimentos para ampliação das redes públicas de saneamento básico. O problema de degradação dos corpos hídricos avançou, em relação direta com o binômio industrialização/urbanização, bem como ao processo de desenvolvimento político-econômico. A partir da década de 1950, o agravamento dos conflitos sociais com o aumento da pobreza, a deterioração da qualidade de vida, a concentração populacional e a exaustão contínua dos recursos naturais foram a tônica do setor de saneamento. (MILARÉ, 2007)

O principal marco do saneamento no Brasil aconteceu na década de 1970, com a criação do PLANASA (Plano Nacional de Saneamento) e das Companhias Estaduais de Saneamento. A crise deste modelo deu-se na década de 80, pois as fontes de financiamento esgotaram-se acompanhando as dificuldades macroeconômicas, ao mesmo tempo em que terminaram as carências dos empréstimos obtidos nos anos anteriores e aumentaram as despesas de amortizações e os encargos financeiros das dívidas no país. A ênfase anterior em construção, o uso político das companhias e o crescimento da inflação impuseram um ônus adicional sobre os custos de operação. O Banco Nacional de Habitação (BNH) responsável pelo financiamento do sistema de saneamento foi extinto em 1986, passando a Caixa Econômica Federal a assumir os antigos papéis do BNH no tocante ao financiamento do setor e a receber o Sistema Financeiro do Saneamento. Submetida às limitações orçamentárias mais severas, teve de reduzir sensivelmente a oferta de recursos.

A década de 1990 caracterizou-se pela ampliação da cobertura de saneamento, sem modificação estrutural. Em 1991, a Câmara Federal inicia os debates com a tramitação do PLC 199, o qual dispunha sobre a Política Nacional de Saneamento e seus instrumentos. Este projeto deu origem em 2007, à atual Lei do Saneamento, a Lei nº 11.445/2007.

Neste contexto de efetivação da norma brasileira relativa ao saneamento, há várias dificuldades relacionadas ao uso da água na zona urbana, geralmente comuns em outros estados nacionais: esgotamento e contaminação de fontes locais;

altos custos da captação e condução da água; conflitos gerados pelos interesses de diferentes usuários; desperdícios; baixa ou nenhuma utilização do reúso de água; pouca consciência e falta de cidadania ambiental. São problemas que a gestão do saneamento deve enfrentar, no âmbito da administração pública. Faz-se necessário ressaltar que o uso da água corresponde à mobilização de uma determinada quantidade de água para um certo fim.

Atualmente a demanda de água retirada dos corpos d'água para fins de saneamento e consumo (vazão de retirada) no país é de 1.592 m<sup>3</sup>/s, sendo que cerca de 53% deste total (841 m<sup>3</sup>/s) são consumidos, não retornando às bacias hidrográficas. Deste total, 40% são destinadas à irrigação; 27% são destinados para abastecimento urbano; 17% para indústria; 13% para animal; 3% para abastecimento rural (ANA, 2007).

No tocante aos municípios brasileiros, ou seja, a menor unidade de gestão pública, a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) levantou dados de todos os 5.507 municípios das 27 unidades da Federação brasileira. Segundo estes dados, para o aspecto dos serviços de saneamento relativo ao abastecimento d'água, foram considerados os municípios que tivessem rede geral de distribuição de água quando esta atendesse a pelo menos um distrito<sup>4</sup>, ou parte dele independentemente da extensão da rede, números de ligações ou de economias abastecidas (PNSB, 2000). Pode ser observado que há considerável oferta de serviços de saneamento, no tocante ao abastecimento de água, mas esta realidade pode apresentar-se desigual, caso consideremos que apenas um ponto de água existente caracteriza o município como saneado, sem obediência concreta ao princípio da universalização do serviço. O IBGE também dispõe de dados que revelam a condição do saneamento no país (Quadro 1).

---

<sup>4</sup> Distritos são subdivisões territoriais dentro dos municípios brasileiros, sendo estes a menor unidade de gestão com autonomia e independência administrativa constitucionalmente considerada.

INDICADORES	PERÍODO			
	1970	1980	1990	2000
<b>Abastecimento de Água</b>				
<i>Domicílios urbanos Rede de distribuição</i>	60,5	79,2	86,3	89,8
<i>Domicílios rurais Rede de distribuição</i>	2,6	5,0	9,3	18,1
<b>Esgotamento Sanitário</b>				
<i>Domicílios urbanos Rede de coleta</i>	22,2	37,0	47,9	56,0
<i>Domicílios urbanos Fossas sépticas</i>	25,3	22,9	20,9	16,0
<i>Domicílios rurais Rede de coleta</i>	0,45	1,4	3,7	3,3
<i>Domicílios rurais Fossas sépticas</i>	3,2	7,2	14,4	9,6

**QUADRO 1 - EVOLUÇÃO DA COBERTURA DOS SERVIÇOS DE ÁGUA E ESGOTOS NO BRASIL (%).**

Fonte: IBGE, Censos Demográficos 1970, 1980, 1990, 2000 apud MMA/SRH, 2002.

Esta realidade retratada pela pesquisa, dentro do contexto mundial, ainda parece razoável. Segundo dados do Relatório de Desenvolvimento Humano do ano de 2006, o sofrimento pela crise mundial da água assume níveis alarmantes. O documento mostra que:

Quase 2 milhões de crianças morrem todos os anos por falta de um copo de água limpa e de um simples banheiro em suas casas. Fora dos domicílios, a disputa pela água para produção se intensifica, prejudicando os menos favorecidos das áreas rurais e o meio ambiente.

Entretanto, a principal referência deste documento diz respeito ao fato de que a crise mundial da água não é resultado apenas da escassez de água nos sistemas ambientais, mas ressalta o fato de “a pobreza, o poder e as desigualdades é que estão no âmago do problema” (PNUD, 2006). Esta afirmação se revela numa questão institucional de fundo anti-democrático e de ausência ou precariedade nas políticas públicas em várias regiões do planeta.

No país, as diferenças regionais também se impõem, dada a grande abrangência territorial. Enquanto na Região Sudeste é de 70,5% a proporção de domicílios atendidos, nas Regiões Norte e Nordeste o serviço alcança, respectivamente, apenas 44,3% e 52,9% dos domicílios. Nos 116 municípios que

não contam com qualquer rede distribuidora de água, foram encontrados como principais alternativas para o abastecimento das populações a utilização de chafarizes e fontes, poços particulares e abastecimento por caminhões-pipas bem como utilização direta de cursos de água (Quadros 2 e 3). (PNSB, 2008, p. 31)

REGIÃO	NÚMERO DE DOMICÍLIOS	ABASTECIMENTO DE ÁGUA		ESGOTAMENTO SANITÁRIO REDE E FOSSA SÉPTICA	
		Déficit	Déficit (%)	Déficit	Déficit (%)
<b>Norte</b>	2 809 912	1 460 770	51,99	1 809 015	64,38
<b>Nordeste</b>	11 401 385	3 832 238	33,61	7 074 641	62,05
<b>Centro-Oeste</b>	3 154 478	845 630	26,81	1 867 729	59,21
<b>Sudeste</b>	20 224 269	2 360 528	11,67	3 573 507	17,67
<b>Sul</b>	7 205 057	1 436 562	19,94	2 609 759	36,22
<b>BRASIL</b>	<b>44.795.101</b>	<b>9.935.708</b>	<b>22,18</b>	<b>16.934.651</b>	<b>37,80</b>

**QUADRO 2 – DISTRIBUIÇÃO REGIONAL DOS DÉFICITS EM SANEAMENTO BÁSICO.**

Fonte: Censo (IBGE, 2000).

REGIÕES	ACESSO AOS SERVIÇOS DE SANEAMENTO PELOS 40% MAIS POBRES E 10% MAIS RICOS		
	ANOS	40% mais pobres	10% mais ricos
<b>Norte</b>	1992	6,6	0,6
	1999	,8	23,4
<b>Nordeste</b>	1992	7,4	42,9
	1999	11,5	53,6
<b>Centro-Oeste</b>	1992	17,9	59,3
	1999	22,6	60,4
<b>Sudeste</b>	1992	52,9	91,3
	1999	66,7	93,7
<b>Sul</b>	1992	22,8	60,6
	1999	30,9	70,6
<b>BRASIL</b>	1992	26,3	76,5
	1999	32,3	80,1

**QUADRO 3 – SANEAMENTO E POBREZA, 1992 E 1999.**

Fonte: Indicadores Sociais (IBGE, 2000).

O IBGE informa que os dados obtidos nos órgãos públicos e privados, e companhias responsáveis pela prestação dos serviços de saneamento, mostram que 97,9% dos municípios oferecem água encanada, 53,2% coletam esgoto (Quadro 4), apenas 35,3% do coletado é tratado e 99,4% recolhem lixo.

REGIÕES	Municípios com Serviços de Abastecimento de Água (%)			Municípios com Serviços de Esgoto (%)		
	1989	2000	(%)	1989	2000	(%)
<b>Norte</b>	86,9	94,0	7,1	8,4	7,1	(-) 1,3
<b>Nordeste</b>	93,8	96,4	2,6	26,1	42,9	16,8
<b>Centro-Oeste</b>	92,9	98,4	5,5	12,9	17,9	5,0
<b>Sudeste</b>	99,9	100,0	0,1	91,0	92,9	1,9
<b>Sul</b>	97,3	98,5	1,2	39,1	38,9	(-) 0,2
<b>BRASIL</b>	95,9	97,9	2,0	47,3	53,2	5,9

**QUADRO 4 - SANEAMENTO BÁSICO NOS MUNICÍPIOS, 1989 E 2000.**

Fonte: Censo (IBGE, 2000).

A situação do saneamento reflete-se nos dados relativos à saúde, uma vez que a água e os resíduos de várias naturezas são os principais meios condutores dos vetores de doenças que afetam a saúde da população, em especial, de baixa renda. (Quadro 5)

DRSAI	1996		1997		1998		1999		2000	
	Nº	%								
Diarréias	662 927	92,98	622 403	93,99	535 922	92,59	547 767	92,48	515 469	91,14
Helminí-ases	2 320	0,33	2 577	0,39	1 439	0,25	1 204	0,2	1 043	0,18
Febres Entéricas	989	0,84	5 018	0,76	4 355	0,75	3 824	0,65	3 424	0,61
Filariose Linfática	122	0,02	84	0,01	65	0,01	101	0,02	122	0,02
Esquistos-somose	1 657	0,23	1 524	0,23	1 314	0,23	1 344	0,23	1 322	0,23
Malária	29 191	4,09	19 453	2,94	19 263	3,33	21 166	3,57	21 288	3,76
Febre Amarela	55	0,01	53	0,01	56	0,01	37	0,01	42	0,01
Dengue	515	0,07	1 939	0,29	6 438	1,11	5 748	0,97	10 260	1,81
Leishamani-ose	4 072	0,57	3 471	0,52	2 677	0,46	4 266	0,72	5 290	0,94
Doença de Chagas	952	0,13	922	0,14	1 317	0,23	1 266	0,21	1 129	0,2
Leptospirose	3 697	0,52	3 205	0,48	3 024	0,52	2 907	0,49	3 662	0,65
Teníase	589	0,08	583	0,09	647	0,11	676	0,11	532	0,09
Hepatite A	546	0,08	563	0,09	1 151	0,2	926	0,16	891	0,16
Doenças dos Olhos	73	0,01	95	0,01	188	0,03	166	0,03	117	0,02
Doenças da Pele	277	0,04	317	0,05	968	0,17	925	0,16	969	0,17
<b>TOTAL</b>	<b>712 982</b>	<b>100</b>	<b>662 207</b>	<b>100</b>	<b>578 824</b>	<b>100</b>	<b>592 323</b>	<b>100</b>	<b>565 560</b>	<b>100</b>

**QUADRO 5 – DISTRIBUIÇÃO DA FREQUÊNCIA E PROPORÇÃO DAS INTERNAÇÕES HOSPITALARES POR DRSAI (1996 A 2000).**

Fonte: Sistema de Informações Hospitalares/SUS (2001).

No país, portanto, com a edição de normas recentes, à exemplo da Lei nº 11.445/07, espera-se um incremento nos índices de satisfação pelo serviço de

saneamento básico, uma vez que pela sistemática atual, ficou instituída a obrigatoriedade de uma governança pública na gestão de águas doces.

### **3 RELAÇÕES ENTRE O MARCO REGULATÓRIO PARA A GESTÃO DE ÁGUAS E O SANEAMENTO NO BRASIL**

A temática do saneamento sempre se mostrou controvertida no Brasil, do ponto de vista regulatório, principalmente por força dos aspectos relacionados à titularidade dos entes de Estado responsabilizados pela gestão deste serviço. Num país de grandes dimensões territoriais, com um sistema tripartido de gestão (federal, estadual, municipal), saneamento é tema que:

Sempre gerou disputas acirradas notadamente entre Estados e Municípios, ambos disputando a titularidade para a gestão dos serviços. A matéria acarreta ainda inúmeras discussões nos Tribunais entre os prestadores de serviços e os consumidores, sobre questões envolvendo a cobrança pelo fornecimento das diversas espécies de saneamento. (ALCHIO, 2007)

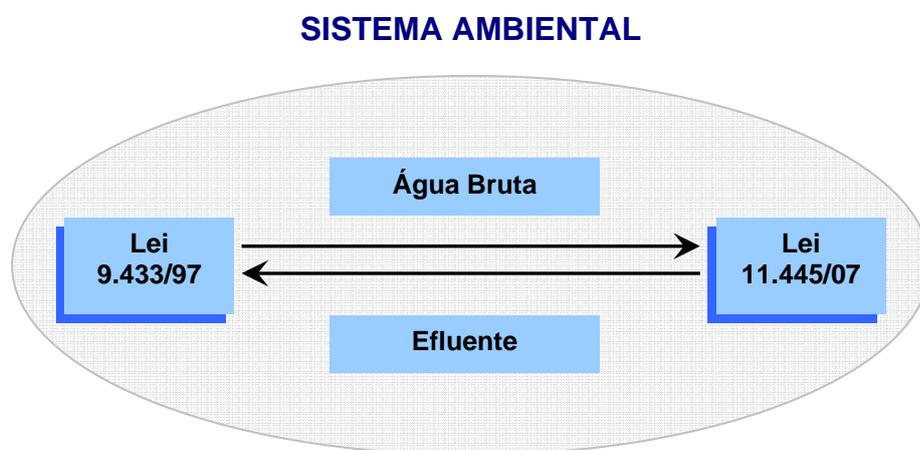
No momento da captação para distribuição da água, despejo de efluentes, captação de águas pluviais ou de deposição de resíduos sólidos, o espaço institucional de regulamentação é ocupado conjuntamente pela Lei do Saneamento (BRASIL, 2007) e pela Lei de Águas (BRASIL, 1997). Mesmo considerando a clara definição do espaço regulatório da primeira no tocante aos aspectos do abastecimento de água e manejo de efluentes, vários pontos de contato podem ser estabelecidos entre a mesma e a Lei Federal nº 9.433/97, que define a Política Nacional de Recursos Hídricos, os princípios e instrumentos da sua gestão.

A Lei nº 9.433/97 regulamenta a gestão dos recursos hídricos, captados enquanto água bruta, para os fins destinados na mesma. Objetiva promover a garantia do acesso de todos ao recurso água, seja para o consumo humano ou o desenvolvimento de atividades produtivas, capazes de promover o uso racional para o desenvolvimento sustentável. Já a Lei nº 11.445/07 que regula os serviços de saneamento, no tocante ao aspecto fornecimento de água, mesmo sem referência expressa, tem como origem a água bruta, regulada pela primeira e como destinação,

de forma direta ou indireta, os corpos hídricos, também sob a tutela da Lei nº 9.433/97.

O espaço de atuação comum das duas legislações requer estudos e aprofundamentos de temáticas, sobretudo o princípio definido no artigo 3º da Lei do Saneamento, segundo o qual a deverá ser promovida a “integração das infraestruturas e serviços com a gestão eficiente dos recursos hídricos”.

A figura a seguir representa o espaço de atuação e integração das duas leis (Figura 1).



**FIGURA 1** – ESPAÇO DE REGULAMENTAÇÃO E SUA INTERAÇÃO COM O SISTEMA AMBIENTAL.

Fonte: Elaboração Própria, 2008.

A Lei nº 9.433/97 determinou que a gestão da água deve contemplar seu uso múltiplo, devendo por isso ser integrada e descentralizada e contar com ampla participação social, de forma a incorporar representantes do poder público, dos usuários que dela fazem uso econômico e das diversas comunidades, em observância ao princípio da subsidiariedade. Logo, as questões que afetam uma dada comunidade ou setor serão gerenciadas em nível local, sobre a qual surtirão os efeitos de sua própria atuação, gerando uma circularidade positiva ao processo. (GUIMARÃES; RIBEIRO; XAVIER, 2007).

Já a Lei 11.445/07 traz como um de seus princípios, o controle social como elemento de apoio na regulamentação do setor. Além da interação a partir do sistema ambiental, outro ponto de convergência está na possibilidade da participação social na gestão e controle dos serviços de saneamento.

Segundo Heller e Castro (2007, p. 285) “O saneamento encontra-se na esfera da política pública, uma área de atuação do Estado que demanda formulação, avaliação, organização institucional e participação da população como cidadãos (ãs) e usuários(as)”. Entretanto, o contexto institucional do saneamento no Brasil pode vir a ser marcado por uma visão empresarial, mediante:

[...] tentativas de substituir o princípio desses serviços como direito social da cidadania, e que, portanto devem responder aos interesses e demandas sociais, por princípios mercantis, em que o ator interpelado é o(a) consumidor(a) ou o cliente, e não o(a) cidadão(ã) portador(a) de direitos, ou seja, valorizando a ponta da oferta em detrimento da visão da demanda pelos serviços e subordinando as necessidades sociais aos requerimentos de eficiência empresarial. (HELLER; CASTRO, 2007, p. 285)

Relevando o fator tempo, pode-se inferir que mesmo diante de uma normatização específica, o setor de saneamento em nosso país, encontra-se, ainda, em déficit, seja em relação aos recursos alocados ao setor, seja em responsabilidade objetiva do gestor público. Atualmente, enfrentamos uma verdadeira prova de descaso com a prestação dos serviços de saneamento, tendo como exemplo a epidemia de dengue que afeta o Rio de Janeiro, onde as causas são relativas tão somente as questões do oferecimento de um sistema de saneamento básico eficiente.

Segundo os dados publicados recentemente pela Fundação Getúlio Vargas e o Instituto Trata Brasil sobre o saneamento no país, foram mostrados dados relevantes em vários setores da sociedade, tais como o impacto na educação que acusa uma diferença de 30% no aproveitamento escolar entre crianças que têm e não têm acesso ao saneamento básico. Em relação ao trabalho, a pesquisa revela que 11% das faltas do trabalhador, com as mesmas características, estão relacionadas a problemas causados por esse mesmo fator.

Com relação aos dados da pesquisa, relata o presidente do Instituto Trata Brasil, senhor Luis Felli, que “é preciso maior conscientização sobre os impactos sociais e econômicos que a falta do saneamento básico traz para o desenvolvimento da sociedade”<sup>5</sup>.

Os processos participativos colocados como fundamentos pela Lei 11.445/2007 têm por objetivo reforçar a participação e o controle social, que surgem

---

<sup>5</sup> Fonte: Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br>>. Acesso em: 15 fev. 2008.

como elementos de incremento para a proteção dos direitos fundamentais. Sob este aspecto a contribuição da Lei de Águas, mais avançada na sua implantação, pode ser útil especialmente no tocante ao estabelecimento de órgãos colegiados participantes dos processos de gestão para o saneamento.

Não há dúvida de que a consideração feita nos termos da Lei nº 9.433/97 de que a água é um bem público de natureza econômica é referendada pelo texto da Constituição Federal Brasileira, nos artigos 225 e 170 (BRASIL, 1988). Com esta disposição, o legislador constitucional inseriu o meio-ambiente entre os dispositivos da Ordem Econômica, que são claros ao expressarem o sentimento do Estado Nacional em relação à valoração econômica deste recurso natural como forma de preservação ambiental. O princípio da precaução também impõe este cuidado com este bem essencial para a qualidade de vida da população.

O contraponto entre a adoção de instrumentos econômicos e a proteção dos direitos fundamentais de acesso à água são, neste contexto, amparados pelos processos de participação e controle social. Os processos participativos colocados como fundamentos pela Lei nº 11.445/2007 têm por objetivo reforçar o aspecto da proteção do direito universal ao uso da água. Assim dispõe esta lei a respeito:

- Art. 47. O controle social dos serviços públicos de saneamento básico poderá incluir a participação de órgãos colegiados de caráter consultivo, estaduais, do Distrito Federal e municipais, assegurada a representação:
- I – dos titulares dos serviços;
  - II – de órgãos governamentais relacionados ao setor de saneamento básico;
  - III – dos prestadores de serviços públicos de saneamento básico;
  - IV – dos usuários de serviços de saneamento básico;
  - V – de entidades técnicas, organizações da sociedade civil e de defesa do consumidor relacionadas ao setor de saneamento básico.
- § 1º As funções e competências dos órgãos colegiados a que se refere o caput deste artigo poderão ser exercidas por órgãos colegiados já existentes, com as devidas adaptações das leis que os criaram. (BRASIL, 2007)

A determinação de que o controle social *poderá* incluir a participação dos órgãos colegiados pode demonstrar ser vago o sentido da aplicação deste fundamento, sob o enfoque desta lei. A transitoriedade do primeiro momento da aplicação legal, natural nos sistemas em adaptação no qual as instituições responsáveis pela implantação da política ainda não estão presentes, não deve vir a se transformar numa situação permanente de violação do sentido dado pelo

legislador. Sob este aspecto a contribuição da Lei de Águas, mais detalhada e avançada na sua implantação, pode ser útil ao equilíbrio do sistema, especialmente no tocante ao estabelecimento de órgãos colegiados participantes dos processos de gestão para o saneamento, uma vez que ela prevê a formação de Conselhos, Comitês de Bacias Hidrográficas, envolvidos em processos participativos vários no âmbito da gestão da água bruta.

#### 4 CONCLUSÕES

Diante do quadro levantado acerca das normas fundamentais da PNRH e da LNDB, através das Leis nº 9.433/97 e nº 11.445/07, observou-se que o tratamento conjunto é uma necessidade imperiosa, por força da integração natural entre ambas. A regulamentação deverá ser compatibilizada com demais instrumentos de controle, em especial a educação, a informação, além dos instrumentos econômicos (regulação), e, em especial, com o reforço das possibilidades de controle social para possibilitar incremento nas condições de uso eficiente da água no meio urbano.

#### 5 REFERÊNCIAS

ALOCHIO, L. H. A. **Direito do saneamento**. Campinas: Millenium. Brasil, 2007.

Agência Nacional de Águas – ANA. **Caderno Brasil Recursos Hídricos**. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, 2007, p. 116.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico, 2007.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997**. Define a Política Nacional de Recursos Hídricos, os princípios e instrumentos da sua gestão, 1997.

\_\_\_\_\_. **Constituição da República Federativa do Brasil (1988)**.

GUIMARÃES, P. B. V.; RIBEIRO, M. M. R.; XAVIER, Y. M. A. **Regulação, princípio da subsidiariedade e uso da água no Brasil**. Anais do V Congresso Brasileiro de Regulação. Recife, 2007.

HELLER, L.; CASTRO, J. E. Política pública de saneamento: apontamentos teórico-conceituais. **Engenharia Sanitária e ambiental**. v. 12. n. 3 – jul./set., 2007, p. 284-295.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Demográfico 2000.

MILARÉ, Edis. Direito do ambiente: a gestão ambiental em foco. 5. ed. **Revista dos Tribunais**: São Paulo, 2007.

MACHADO, Carlos José Saldanha. Mudanças conceituais na administração pública do meio ambiente. **Cienc. Cult.**, Oct./Dec. 2003, v. 55, n. 4, p. 24-26.

Ministério do Meio Ambiente/Secretaria de Recursos Hídricos. **Avaliação das águas do Brasil**. Brasília, 2002.

MUKAI, T. **Saneamento básico**: diretrizes gerais, comentários à lei 11.445 de 2007. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2007.

PNSB. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (2000)**. Instituto Brasileiro de geografia e Estatística. Brasil. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/home/estatística/populacao/condicaodevida/pnsb/pnsb.pdf>>. Acesso em: 01 mar. 2008.

PNUD. **Relatório de Desenvolvimento Humano 2006**. Disponível em: <<http://www.pnud.org.br/rdh/>>. Acesso em: 21 jan. 2007.

SUS. Sistema Único de Saúde. **Sistema de Informações Hospitalares (2001)**.

## CAPÍTULO 2

### **USO EFICIENTE DA ÁGUA EM RESIDÊNCIAS: TEORIA E APLICAÇÕES**

Érica Cristine Medeiros Nobre Machado  
**Doutoranda do Programa de Pós-Graduação  
em Recursos Naturais/Universidade Federal  
de Campina Grande, PB/BRASIL**

Suênya Freire do Monte Santos  
**Mestranda do Programa de Pós-Graduação  
em Recursos Naturais/Universidade Federal  
de Campina Grande, PB/BRASIL**

#### **1 INTRODUÇÃO**

Este capítulo apresenta alternativas de racionalização do uso da água em residências domiciliares, as quais têm como objetivo promover a conservação e a sustentabilidade deste recurso natural. Nesse contexto, são caracterizadas como alternativas de racionalização qualquer medida ou ação que contribua para a redução da demanda de água, sem prejuízos nos atributos de higiene e conforto dos usuários, e para o aumento da oferta de água, utilizando fontes alternativas de água e/ou aparelhos hidrosanitários mais eficientes.

A água encontra-se disponível sob várias formas e é uma das substâncias mais comuns existentes na natureza, cobrindo cerca de 70% da superfície do planeta. É encontrada principalmente no estado líquido, constituindo um recurso natural renovável por meio do ciclo hidrológico. Todos os organismos necessitam de água para sobreviver, sendo a sua disponibilidade um dos fatores mais importantes a moldar os ecossistemas. É fundamental que os recursos hídricos apresentem condições físicas e químicas adequadas para sua utilização pelos organismos. Eles devem conter substâncias essenciais à vida e estar isentos de outras substâncias

que possam produzir efeitos deletérios aos organismos que compõem as cadeias alimentares. Assim, disponibilidade de água significa que ela está presente não somente em quantidade adequada em uma dada região, mas também que sua qualidade deve ser satisfatória para suprir as necessidades de um determinado conjunto de seres vivos (biota).

Estima-se que a massa de água total existente no planeta seja aproximadamente igual a 265.400 trilhões de toneladas, distribuídas em oceanos, água subterrânea, água doce, geleiras, lagos, calotas polares, águas salgadas, pântanos, rios, etc. Assim, hoje, mais do que uma questão econômica, o uso racional da água significa a preservação das nossas reservas naturais. Existem equipamentos disponíveis no mercado que reduzem sensivelmente o consumo de água, resultando em economia de até 20% no valor total da conta.

No Brasil, o governo federal instituiu em 1997 o Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água – PNCDA<sup>6</sup>, com o objetivo geral de promover o uso racional da água de abastecimento público nas cidades brasileiras, em benefício da saúde pública, do saneamento ambiental e da eficiência dos serviços, propiciando a melhor produtividade dos ativos existentes e a postergação de parte dos investimentos para a ampliação dos sistemas.

De acordo com o PNCDA, a redução do consumo de água dos usuários pode ser obtida através de mudanças nos hábitos de consumo ou mediante a adoção de aparelhos poupadores de água. Albuquerque (2004), por sua vez, classifica as ações que podem viabilizar o uso racional da água em quatro categorias, denominadas de tecnológicas, educacionais, econômicas e regulatórias.

Neste capítulo mais ênfase será dada às alternativas educacionais e tecnológicas, as quais, segundo Campos (2004), são consideradas mais eficientes e mais fáceis de serem implantadas e viabilizadas por não necessitarem de mudanças radicais nos hábitos dos usuários, sendo, portanto, mais eficazes para o caso de residências domiciliares.

---

<sup>6</sup> Disponível em: <<http://www2.cidades.gov.br/pncda/>>. Acesso em: 17 mar. 2007.

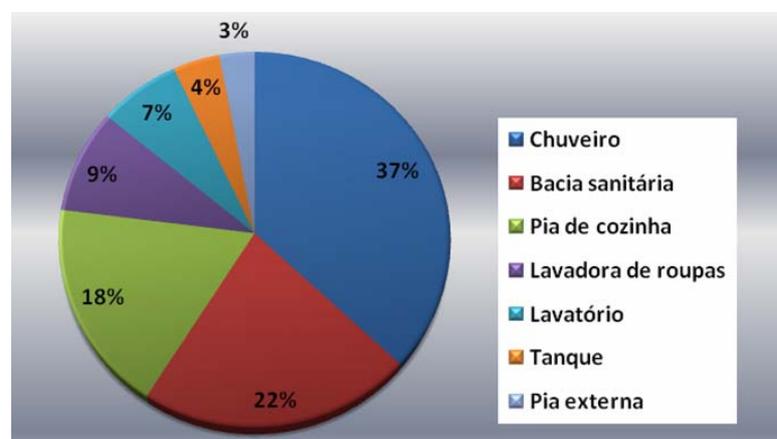
## 2 AÇÕES TECNOLÓGICAS PARA VIABILIZAR O USO RACIONAL DA ÁGUA EM RESIDÊNCIAS

### 2.1 APARELHOS ECONOMIZADORES DE ÁGUA

Os aparelhos denominados economizadores de água utilizam tecnologias que funcionam com vazão reduzida e/ou evitam o desperdício devido ao mau fechamento de componentes convencionais, ou seja, apresentam uma maior eficiência hídrica em relação aos convencionais.

Dentre as ações tecnológicas, a adoção desses aparelhos é considerada uma das medidas de maior aceitabilidade em residências, pois promovem a redução do consumo independente da ação do usuário. Ou seja, são medidas que dependem menos de hábitos e motivação permanente, e mais da tomada de decisão racional relativas à aquisição de componentes poupadores (MOREIRA, 2001).

Hafner (2007), em uma análise de quatro trabalhos realizados no Brasil para determinar a distribuição do consumo de água em residências, padronizou esta distribuição conforme apresentado na Figura 2. Percebe-se que os principais vilões do consumo de água em uma residência, são os chuveiros e as bacias sanitárias, os quais juntos representam 59% do consumo total da residência. Seguido das pias de cozinha (18%), lavadoras de roupas (9%), lavatórios (7%), tanques (4%) e consumo no jardim e lavagem de carros (3%).



**FIGURA 2 – DISTRIBUIÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA EM UMA RESIDÊNCIA.**

Fonte: Hafner (2007)

No Brasil, o Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade da área Habitacional – PBQP-H, determinou que a partir do ano de 2003 todas as bacias sanitárias produzidas no país utilizassem um consumo em torno de 6,8 ℓ/descarga, o que representa uma economia significativa em relação aos aparelhos convencionais, cujo consumo é em torno de 9 a 13 ℓ/s, enquanto de aparelhos mais antigos o consumo pode atingir até 20 ℓ/s. Segundo Gonçalves et al. (1999), em alguns países europeus como a Suécia e a França, as bacias sanitárias de volume reduzido (Bacias VDR) podem chegar a atingir um consumo de 3,0 ℓ/descarga, com o mesmo baixo nível de manutenção e implantação que as bacias VDR de 6,0 ℓ/descarga. No entanto, requerem um nível tecnológico maior para sua produção.

Além das bacias de volume reduzido, existem outras alternativas tecnológicas para redução do consumo nas bacias sanitárias em residência já fabricados no Brasil. Dentre elas podemos citar a válvula de descarga com duplo acionamento, a qual pode ser acionada de duas formas: com um volume em torno de 3,5 litros para dejetos líquidos e com um volume maior para dejetos sólidos.

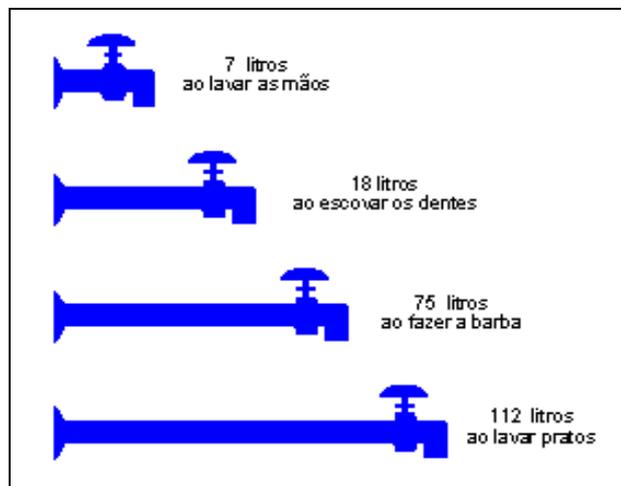
Outras alternativas tecnológicas para o mesmo fim são mais comuns em outros países, como o sistema *microflush*, utilizado nos Estados Unidos, que reduz o consumo doméstico nas bacias sanitárias em até 40% pela utilização de um alçapão no fundo do vaso que potencializa o fluxo e a limpeza da bacia (HAFNER, 2007).

Para aumentar a eficiência na utilização dos chuveiros, maior vilão do consumo em uma residência, Coelho (2001 apud ALBUQUERQUE, 2004) cita os seguintes tipos de chuveiro de vazão reduzida que podem ser utilizados em substituição aos convencionais:

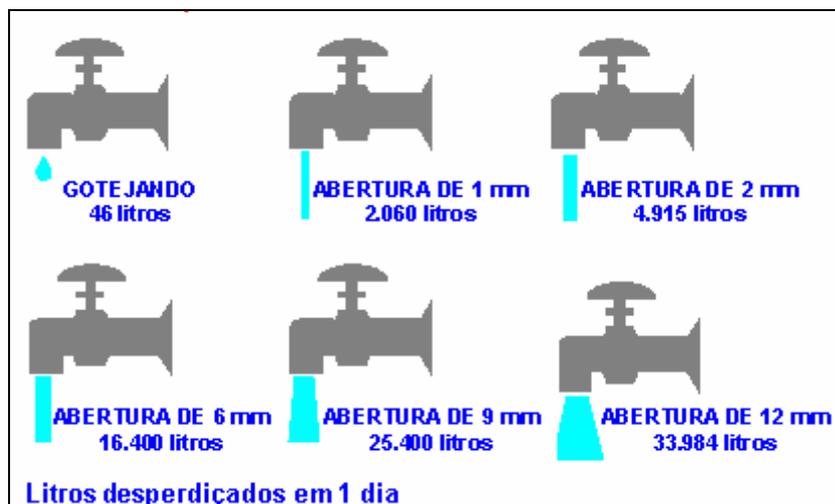
- *Chuveiro de acionamento hidromecânico*: com tempo determinado para fechar automaticamente;
- *Chuveiro tipo ducha*: que promove a redução do desperdício da água por permitir a lavagem localizada em cada parte do corpo;
- *Chuveiro com acionamento de pedal*: cujo fluxo é liberado apenas com o acionamento do pedal pelo usuário;
- *Chuveiro hidromecânico com controle de vazão para ajuste de temperatura*.

Observa-se que, em comparação com as bacias VDR, os chuveiros de vazão reduzida tendem a apresentar um índice menor de aceitação pelos usuários, pois interferem no nível de conforto dos mesmos e requerem pequenas alterações nos seus hábitos.

O consumo nas pias de cozinha, conforme apresentado na Figura 3, é o terceiro mais significativo em uma residência. Sua utilização pode consumir de 7 litros em uma lavagem de mãos até 112 litros por segundo em uma lavagem de pratos. Além disso, segundo dados da Sabesp (2008), uma torneira gotejando desperdiça 46 litros de água por dia, podendo atingir um desperdício de até 33.984 litros se for mantida aberta por um dia com uma abertura de 12 mm (Figura 4).



**FIGURA 3 – CONSUMO DE ÁGUA EM TORNEIRAS.**  
Fonte: SABESP (2008).



**FIGURA 4 – DESPERDÍCIO DE ÁGUA NA TORNEIRA MAL FECHADA.**  
Fonte: SABESP (2008).

Dentre as tecnologias adotadas para reduzir a vazão das torneiras e evitar o desperdício podemos citar (ALBUQUERQUE, 2004; HAFNER, 2007):

- *Arejadores*: são instalados na saída de água da torneira e reduzem a seção de passagem da água e injetam ar durante o escoamento, diminuindo o jato da torneira em cerca de 50% (vazão entre 0,13  $\ell/s$  e 0,76  $\ell/s$ ). Seu uso já é muito comum em residências, por se tratar de um dispositivo simples e eficiente, com baixo custo de aquisição, fácil instalação e não necessitar de manutenção;
- *Pulverizadores*: semelhantes aos arejadores, mas não tem orifícios laterais para introdução de ar, transformam o jato de água em feixes de pequenos jatos. Reduzem a vazão para valores entre 0,06  $\ell/s$  e 0,12  $\ell/s$ ;
- *Reguladores*: Diminuem a vazão das torneiras e são especialmente úteis em locais com alta pressão nas tubulações de água;
- *Automatizadores*: fornecem uma vazão de 0,01  $\ell/s$  com pressão de alimentação de 350 kPa;
- *Prolongadores*: permitem aproximar e direcionar o jato de água, diminuindo os espirros e respingos e proporcionando maior eficiência no uso da água;
- *Torneiras com tempo de fluxo determinado*: são dotadas de dispositivos mecânicos que liberam o fluxo de água apenas durante um período de tempo determinado. Geralmente liberam 1 litro de água por acionamento;
- *Torneiras acionadas por sensor infravermelho*: são dotados de sensores que detectam a presença das mãos e liberam o fluxo de água para uso apenas enquanto as mesmas permanecem no campo de ação do sensor. Geralmente consomem 0,7 litros por utilização.

Dentre as tecnologias de torneiras apresentadas, as torneiras acionadas por sensor infravermelho não são muito comuns em residências domiciliares, devido à dificuldade de instalação e manutenção e aos custos envolvidos. As torneiras com tempo de fluxo determinado, apesar de serem de simples instalação e manutenção, também são mais comuns em centros comerciais e ambientes públicos.

As demais tecnologias de torneiras são de fácil aceitação em residências domiciliares, pois, segundo Gonçalves et al. (1999), apresentam baixa dificuldade de

instalação e manutenção, baixo nível tecnológico envolvido, nenhuma dificuldade de operação e não impactam os hábitos dos usuários.

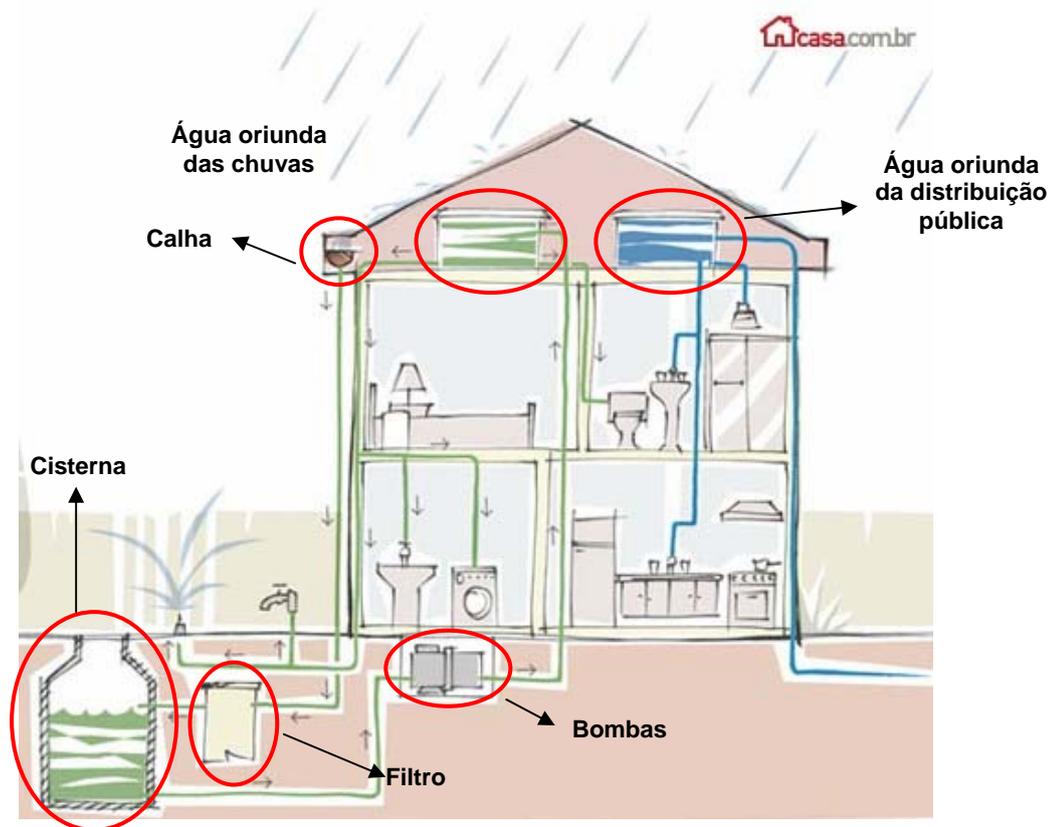
## 2.2 CAPTAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA

A captação da água de chuva é uma técnica que vem sendo utilizada há milhares de anos, no entanto, sua aplicação sempre foi prioritariamente direcionada em regiões que não dispõem de abastecimento de água potável e/ou aquelas mais afetadas pelas estiagens. No Brasil, por exemplo, a sociedade civil organizada na região semi-árida, por meio da Articulação no Semi-Árido Brasileiro – ASA, desenvolveu o Programa Um Milhão de Cisternas Rurais – P1MC, que tem como um de seus objetivos construir um milhão de cisternas em residências domiciliares rurais do semi-árido, para captação e armazenamento da água de chuva (FEBRABAN-101/2008).

A utilização das cisternas como alternativa de racionalização do uso da água, mesmo em regiões atendidas pela rede de distribuição de água potável, é uma alternativa tecnológica que vem sendo difundida recentemente.

Essa tecnologia consiste em captar a água de chuva através do telhado das residências e conduzir a água através de calhas para a cisterna. Essa medida além de aumentar a oferta de água da residência para fins menos nobres e diminuir a demanda pelo uso da água potável, também contribui para a diminuição das inundações, pois diminui a quantidade de água pluvial que é introduzida nas redes de esgoto.

A Figura 5 apresenta um esquema típico de utilização da água de chuva em uma residência. A água captada pelo telhado é escoada pela calha segue para um filtro, eliminando folhas e detritos. Após o filtro esta água é armazenada em uma cisterna, a qual deve ser protegida da luz e do calor para evitar a proliferação de fungos e bactérias, de onde é conduzida por bombeamento para uma caixa d'água exclusiva. Neste exemplo, o sistema de captação da água de chuva funciona em paralelo com o sistema de abastecimento da rede pública, sendo que aquele se destina a descarga de banheiros, lavagem de roupas e torneiras externas.



**FIGURA 5 – SISTEMA DE CAPTAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA.**

Fonte: Disponível em: <[http://casa.abril.com.br/planeta/produtos/planeta\\_220632.shtml](http://casa.abril.com.br/planeta/produtos/planeta_220632.shtml)>. Acesso em: 10 abr. 2007.

Esta tecnologia é mais eficiente em condomínios horizontais e residências unifamiliares, pois a área de captação do telhado é grande em relação ao número de habitantes, propiciando uma significativa economia de água. Em condomínios verticais domiciliares a redução do consumo de água é menos significativa, pois a área de captação é relativamente pequena. Mesmo assim, em algumas cidades brasileiras como São Paulo, a captação e o armazenamento da água pluvial em novos edifícios com grandes áreas impermeabilizadas é uma determinação prevista por leis municipais.

Deve ser observado também que os custos de implantação são relativamente baixos, e serão menores se os sistemas forem planejados antes da fase de construção das edificações. O tratamento da água pluvial depende também dos usos a que irá se destinar, segundo Hafner (2007) para atividades não potáveis como rega de jardim e limpeza de pisos o simples descarte da chuva inicial é suficiente e os filtros são suficientes, mas, para a utilização em descargas pode ser necessário um tratamento primário de baixo custo.

## 2.3 REÚSO DE ÁGUA

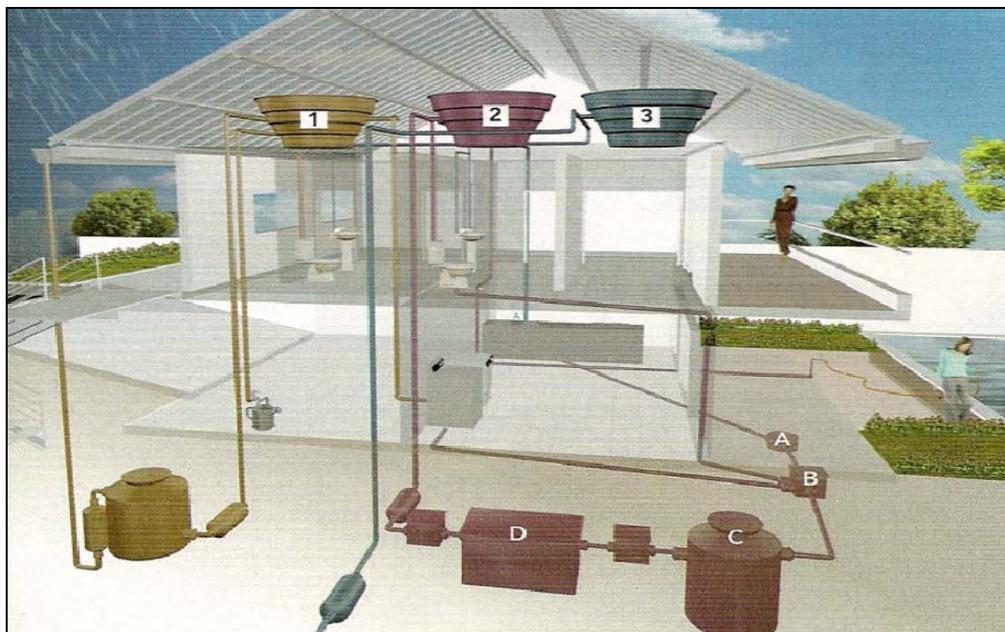
Segundo recomendação da ONU, a não ser que exista uma grande disponibilidade, nenhuma água de boa qualidade deve ser usada para usos de qualidade inferior. Nesse contexto e mediante o quadro de escassez de água cada vez mais evidente, a reutilização da água consumida em fins de qualidade inferior torna-se uma alternativa de racionalização da água cada vez mais recomendada.

O reúso de água em residências, assim como a utilização da água de chuva, constitui uma alternativa tecnológica de utilização de fontes alternativas de água, sendo que, ao invés de se utilizar as águas pluviais são utilizadas geralmente as águas cinza, que são os efluentes que não possuem nenhuma contribuição da bacia sanitária. Esse conceito de águas cinza pode ser estendido também para todos os efluentes que apresentem pequena concentração de matéria orgânica, sendo considerados os efluentes provenientes do uso dos chuveiros, lavatórios, tanques e máquinas de lavar roupa, excluindo-se, além das descargas dos vasos sanitários, o efluente das pias de cozinha, pois, na cultura brasileira é comum a utilização das pias de cozinha como despejo de restos de alimentos.

O reúso doméstico de água é conceituado, portanto, como o aproveitamento das águas residuárias residenciais provenientes dos usos domésticos que apresentem pouca matéria orgânica para atividades de lavanderia, descargas em bacias sanitárias, regra de jardim e outras atividades menos nobres (ANA; FIESP; SINDUSCON-SP, 2006).

Apesar de não recomendável, a utilização do efluente da pia da cozinha e dos vasos sanitários pode se tornar viável em residências desde que seja empregado o tratamento adequado. A Figura 6 ilustra esse exemplo, no qual o reúso de água em uma residência é utilizado em paralelo com o sistema tradicional de água potável e o sistema de captação e utilização de água de chuva (COSTA, 2004). Do Sistema 1, que aproveita a água de chuva, a água armazenada é destinada para as áreas externas, a máquina de lavar roupa e a bacia sanitária. O sistema 3 representa o sistema tradicional de água potável fornecida pela companhia de abastecimento, a qual é destinada para os fins mais nobres, como o chuveiro e as pias da cozinha e do banheiro.

No sistema 2, que representa o reúso das águas, o efluente da pia da cozinha é retido na caixa de gordura (A) antes de seguir para a caixa de inspeção (B), para onde seguem também os efluentes do banheiro e da lavanderia. Esse fluxo é direcionado para a fossa séptica (C), onde as bactérias decompõem a matéria orgânica e liberam um líquido 50% mais limpo. Por fim, é utilizado um filtro aeróbio e anaeróbio (D), com eliminação da maior parte da matéria orgânica e liberação de uma água filtrada e esterilizada com até 90% de pureza, a qual é bombeada para um reservatório exclusivo e destinada para utilização em vasos sanitários e rega de jardim.



**FIGURA 6** – ESQUEMA DE REÚSO DE ÁGUA EM UMA RESIDÊNCIA.  
Fonte: Costa (2004).

Seja qual for a tecnologia utilizada para reúso de água em residências, além do atendimento às exigências relacionadas aos usos a que se destinam, outros critérios também devem ser obrigatoriamente atendidos como a preservação da saúde dos usuários e a preservação do meio ambiente.

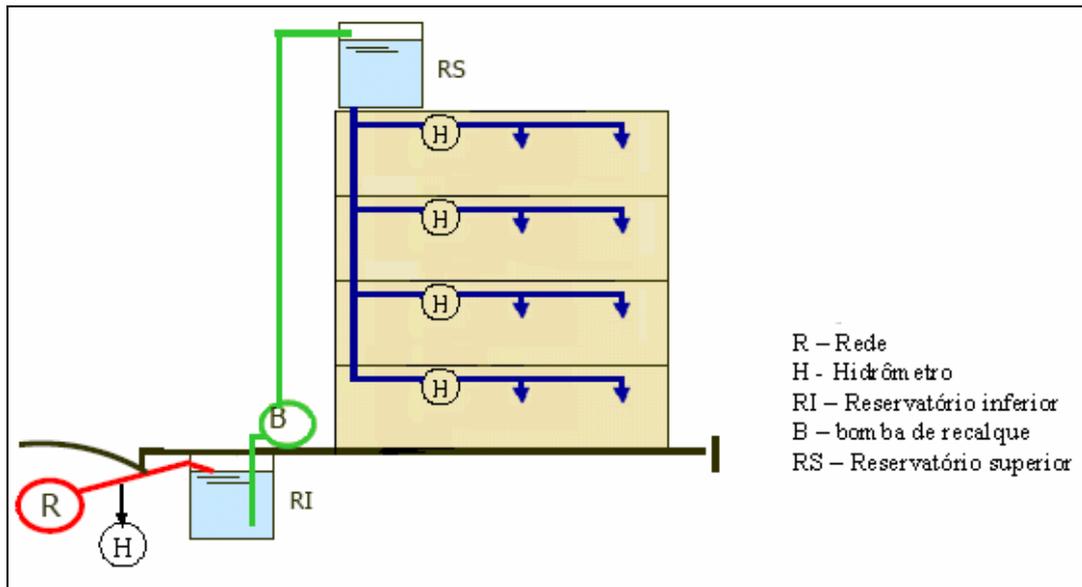
A Agência Nacional de Águas do Brasil (ANA) determina os parâmetros característicos que devem ser atendidos para água de reúso da classe 1, que são aquelas destinadas para a descarga de bacias sanitárias, lavagem de pisos, lavagem de roupas e lavagem de veículos. Dentre estes parâmetros podemos destacar (ANA; FIESP; SINDUSCON-SP, 2006):

- a) ausência de coliforme fecal, parâmetro considerado prioritários sobre os demais;
- b) DBO menor do que 10 mg/ℓ, para evitar a proliferação de microorganismos e cheiro desagradável;
- c) ausência de compostos organismos voláteis, para evitar o odor desagradável principalmente em aplicações externas em dias quentes;
- d) concentração máxima de 0,1 mg/ℓ de fósforo total, para evitar a proliferação de algas e filmes biológicos, que podem formar depósitos em tubulações, peças sanitárias, reservatórios e tanques;
- e) sólido dissolvido total em concentração menor do que 500 mg/ℓ quando a água do reuso se destina para lavagens de roupas e veículos.

## 2.4 MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA EM EDIFÍCIOS

Em edifícios residenciais com medição coletiva de água o consumo médio mensal para um apartamento pode ser até 40% superior do que em uma residência térrea. Pois o sistema de medição e pagamento pelo consumo da água não incentiva o seu uso racional e, em alguns casos, provoca desavenças entre os condôminos.

A medição individualizada tem como principal objetivo induzir o usuário a uma postura de uso racional de água, e combater o desperdício de água nos condomínios residenciais de forma justa e satisfatória a todos os condôminos. Consiste na instalação de um ou mais medidores em cada unidade condominial, de modo a obter o consumo individual e emitir as contas correspondentes (diretamente pela concessionária ou pelo condomínio do edifício (Figura 7). O PNCD, através de Documento Técnico “Tecnologias Poupadoras de Água nos Sistemas Prediais” afirma que as medições individuais em condomínios podem também contribuir como medição de controle do desperdício, pois a responsabilidade sobre o consumo com influência direta na conta de água tem impacto na redução do volume de água consumido.



**FIGURA 7 – SISTEMA DE MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA EM EDIFÍCIOS.**

Fone: Elaboração Própria.

A Alemanha foi um dos países pioneiros a utilizar esse sistema. A Norma Alemã DIN 1988 – Parte II fala em seu Item 9.3: “Em edificações com mais de uma família (prédios de apartamentos) deve-se prever a instalação de hidrômetro em cada unidade habitacional.” No Brasil muitas cidades e municípios já têm regulamentado a exigência de instalação de hidrômetros em apartamentos, como é o caso da cidade de Recife, Campinas e o Distrito Federal, sendo essa regulamentação mais incentivada por solicitação dos moradores e redução do índice de inadimplência do que pelo incentivo à racionalização da água propriamente dito.

Dentre as principais vantagens da adoção desse sistema citadas por Coelho (2002) podemos destacar:

- Redução do pagamento pelo consumo da água em até 50% para as unidades residenciais e de até 30% para o edifício como um todo;
- Maior satisfação do usuário, pois passa a pagar a conta de água proporcional ao seu próprio consumo, deixando de pagar pelo desperdício dos outros;
- Maior facilidade de detecção de vazamentos internos nos apartamentos.

### **3 AÇÕES EDUCACIONAIS PARA VIABILIZAR O USO RACIONAL DA ÁGUA EM RESIDÊNCIAS**

Por muito tempo, a água foi considerada um recurso inesgotável em nosso planeta. Essencial à existência e bem-estar - o próprio corpo humano é constituído por mais de 70% de água -, além de responder pela manutenção dos ecossistemas, a água só teve agregados ao seu valor fundamental os valores econômico, estratégico e social nas últimas décadas, quando ficou evidente a ameaça de sua escassez no mundo, devido a sua má utilização e crescente demanda.

Num âmbito mais particular, essa crescente consciência coletiva quanto à importância da água se estende às pequenas mas efetivas contribuições que podemos fazer durante a nossa rotina diária. Isso significa estar atento ao uso racional da água no dia-a-dia. Uma alternativa para amenizar o problema da escassez é a substituição dos equipamentos convencionais por produtos com fechamento automático.

Segundo Hafner (2007), a aceitação e participação da sociedade são fundamentais para se alcançar o objetivo desejado seja qual for a alternativa de uso racional da água adotada. Dessa forma, ações educacionais devem ser adotadas para informar e conscientizar a sociedade.

Essas ações educacionais visam prioritariamente reduzir ou eliminar os vícios de desperdícios do consumidor final em residências, através de programas educacionais e de incentivo à mudança de hábitos dos usuários. Além de objetivarem também de introduzir a questão da água nos currículos escolares e capacitar os professores para esse fim, bem como viabilizar a reciclagem constante dos profissionais envolvidos diretamente com as questões de racionalidade do uso da água.

Dentre os principais vícios de desperdícios em residências que devem ser combatidos através de ações educacionais, podemos citar:

- A utilização de mangueiras para lavar veículos. A lavagem de um carro por 30 minutos utilizando uma mangueira pode consumir até 560 litros de água;
- A utilização de mangueiras para “varrer” as calçadas;
- A utilização da bacia sanitária como cesto de lixo;

- O não fechamento correto de torneiras e chuveiros;
- A utilização da máquina de lavar com quantidade de roupas menor do que a indicada e não reutilização da água do enxágüe para outros fins;
- Descargas desnecessárias nas bacias sanitárias;
- Escovar os dentes com ou lavar a louça com a torneira aberta;
- Deixar o chuveiro aberto enquanto se está ensaboando;
- Não correção dos vazamentos internos à residência.

#### **4 OUTRAS AÇÕES PARA VIABILIZAR O USO RACIONAL DA ÁGUA EM RESIDÊNCIAS**

Albuquerque (2004) cita ainda as ações denominadas econômicas e as denominadas regulatórias ou institucionais. No grupo das econômicas são citados: estímulos fiscais para redução de consumo e adoção de novos instrumentos tecnológicos, tarifação que estimule o uso eficiente da água sem penalizar os usuários mais frágeis economicamente, estímulos ou penalização financeira que induzam o aumento da eficiência da concessionária de distribuição de água, cobrança pelo uso da água bruta, entre outros.

Dentre as ações regulatórias ou institucionais são citados: legislação que induza o uso racional da água, regulamentação de uso da água para usos externos, regulamentação de novos sistemas construtivos e de instalações prediais, regulamentação mais adequada da prestação do serviço.

## 5 EXPERIÊNCIAS BRASILEIRAS NA ADOÇÃO DAS AÇÕES DE RACIONALIZAÇÃO DO USO DA ÁGUA

### 5.1 PROGRAMA DE USO RACIONAL DA ÁGUA (PURA) – SÃO PAULO/SP

O PURA foi criado em 1995 através de convênio entre a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP), o Laboratório de Sistemas Prediais do Departamento de Construção Civil (LSP/PCC), a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp) e o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT)<sup>7</sup>.

Este programa já apresenta várias experiências de implantação de aparelhos poupadores e redução das perdas em edifícios, sendo que em sua maioria são edifícios não residenciais. Contudo, algumas das experiências obtidas por esse programa serão apresentadas aqui por utilizarem as mesmas tecnologias que podem ser empregadas para o caso das residências.

No Instituto do Coração do Hospital da Clínica de São Paulo, o programa Pura InCor foi implantado no período de janeiro de 1997 a dezembro de 1998, com a adoção das medidas de correção de vazamentos e substituição de componentes convencionais por economizadores de água (chuveiros com restritores de vazão, torneiras eletrônicas, torneiras hidromecânicas, torneiras de alavanca, torneira *spray-wasehr*, esguicho com gatilho para mangueira de lavar veículos, válvulas hidromecânicas para mictórios, instalação de arejadores em torneiras de pias, instalação de reguladores de vazão em torneiras de lavatórios). O impacto na redução do consumo foi de 39,3% (OLIVEIRA; GONÇALVES, 1999).

Na Escola Estadual de Primeiro e Segundo Grau Fernão Dias Paes, localizada na cidade São Paulo, o programa PURA EE foi implantado no período de outubro de 1997 a outubro de 1998, com a adoção das medidas de correção de vazamentos e substituição de componentes convencionais por economizadores de água (torneiras hidromecânicas e mictórios com válvulas hidromecânica). O impacto na redução do consumo foi de 95% (OLIVEIRA; GONÇALVES, 1999).

---

7 Disponível em: <<http://www.pura.poli.usp.br/>>. Acesso em: 17 mar. 2007.

## 5.2 UTILIZAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL EM CONDOMÍNIOS VERTICAIS – SÃO CARLOS/SP

Campos (2004) desenvolveu um estudo que, dentre outros objetivos, realizar a análise custo x benefícios da introdução de um sistema de aproveitamento de água pluvial em um edifício residencial multi-familiar da cidade de São Carlos.

Como resultados do estudo, o autor concluiu que: a) sob o ponto de vista da construtora são necessárias poucas mudanças no processo de projeto e execução das edificações, basicamente apenas foi necessário a inclusão da construção da cisterna; b) redução do consumo de apenas 7,3 m<sup>3</sup>/mês, o que representa um período de retorno de 10 anos e 6 meses, o qual foi considerado alto e não vantajoso do ponto de vista econômico.

Os resultados corroboram o que já foi discutido anteriormente, que a utilização de águas pluviais é mais eficiente em condomínios horizontais e residências unifamiliares, pois a área de captação do telhado é grande em relação ao número de habitantes, propiciando uma significativa economia de água. Contudo, a decisão da adoção desse tipo de ação em condomínios verticais não deve ser baseado exclusivamente em critérios econômicos, mas devem ser observado os critérios ambientais e o atendimento da legislação em vigor.

## 5.3 UTILIZAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL EM CONDOMÍNIOS HORIZONTAIS

Para o caso dos condomínios horizontais, estudos realizados por Costa e Santos (2007), concluíram que com um correto dimensionamento do sistema, a captação da água pluvial pode atender às necessidades dos moradores do condomínio para finalidades não nobres. Foram considerados no estudo uma área de captação de 100 m<sup>2</sup>, uma média de 5 pessoas por lote residencial e um consumo de 96 ℓ/hab/dia para fins não potáveis.

#### 5.4 MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA EM EDIFÍCIOS – ESTADO DE PERNAMBUCO

Coelho (2001) mostrou os resultados da implantação da medição individualizada da água em edifícios do estado de Pernambuco. Foi realizada amostragem em 575 prédios, sendo que mais da metade destes correspondem a prédios com mais de 30 apartamentos, os quais foram caracterizados como apartamentos populares.

Dos resultados o autor conclui que a aprovação do sistema de medição individualizada foi satisfatório, pois 68,25% dos usuários classificaram essa medida como ótima e 31,75% classificaram como boa, não existindo, portanto, opiniões contrárias.

#### 5.5 AÇÕES DE USO RACIONAL DA ÁGUA EM EDIFICAÇÕES

Hafner (2007) conduziu um estudo com o objetivo geral de comparar as diferentes ações de racionalização de água em edificações e propor uma hierarquização entre elas, considerando os aspectos econômicos e de educação ambiental. Os seis principais grupos de ações foram identificados e hierarquizados da seguinte forma: 1) conscientização e informação; 2) correção de vazamentos; 3) troca de equipamentos hidro-sanitários; 4) aproveitamento de água de chuva; 5) medição individualizada e 5) reúso de águas servidas.

#### 5.6 CASA ECOEFICIENTE – CAMPINA GRANDE/PB

A Casa Ecoeficiente – Laboratório de energias renováveis (Figura 8), foi inaugurada no dia 28 de abril de 2006 em Campina Grande, fruto da parceria entre o SENAI daquela cidade com diversas instituições de ensino e pesquisa da região. Suas dependências assemelham-se às de uma residência unifamiliar e visa se transformar em um ambiente tecnológico e didático, funcionando como um espaço

de visitação, cursos, desenvolvimento de pesquisas e inovações, abrangendo tecnologias de materiais alternativos na construção civil, gestão eficiente de águas e aplicações da energia solar fotovoltaica, solar térmica e eólica (RIBEIRO FILHO et al., 2006).



**FIGURA 8** – CASA ECOEFICIENTE NA CIDADE DE CAMPINA GRANDE – PB.

Fonte: Ribeiro Filho et al. (2006).

Na construção da casa ecoeficiente foram adotadas as seguintes tecnologias para o uso racional da água (RIBEIRO FILHO et al., 2006):

- Reúso do efluente tratado de lavatórios, pias e tanques para a descarga de vasos sanitários, e mictórios, jardinagem e lavagem das áreas de passeio externas;
- Captação da água de chuva e armazenamento em cisternas de placas projetada em função do índice pluviométrico da cidade. Essa água é destinada para todos os usos, exceto para beber;
- Captação de água subterrânea do lençol freático utilizando bomba alternativa impulsionada por energia eólica. Essa água é dessalinizada para viabilizar seu uso para beber e cozinhar.

## 5.7 EDUCAÇÃO AMBIENTAL EM RESIDÊNCIAS RURAIS DA PARAÍBA

Diversos indivíduos, ao pensar a educação ambiental, relacionam-se somente a essa, não percebendo muitas vezes a amplitude de seu significado e esquecendo que o próprio homem é a natureza, uma vez que se transforma, sofrendo ações do meio, de si mesmo e do outro (PIRES; RIBES, 2005).

É interessante lembrar que o Governo Federal Brasileiro já havia afirmado que a educação ambiental deve capacitar o educando ao pleno exercício da cidadania, e que a tendência natural seja de que essa educação se transforme em educação política, entendendo que o fundamento da degradação ambiental não está na ignorância dos processos ecológicos da natureza, mas sim no estilo predatório da apropriação dos recursos naturais que encontra paralelo na apropriação da mão-de-obra da classe trabalhadora. A concepção de educação ambiental não é neutra, é ideológica. Ela deve ser definitivamente compreendida como uma educação política, preparando cidadãos capacitados a entender o porquê fazer algo, não se detendo apenas no como fazer, ou seja, enfatizando o componente reflexivo, tão importante quanto o ativo (REIGOTA, 2001).

Silva et al. (2006) avaliaram ações em educação ambiental junto às comunidades rurais do semi-árido paraibano beneficiadas com cisternas. O trabalho foi desenvolvido através de três etapas: a) na primeira etapa foram realizadas visitas com conversas informais com o intuito de apresentar o projeto e conhecer as famílias; b) na segunda etapa foram realizadas entrevistas semi-estruturadas com os representantes das 70 famílias das duas comunidades; c) a terceira etapa constituiu-se de dez encontros com execução de ações de educação ambiental.

Como resultados as autoras concluíram que as ações em Educação Ambiental permitiram sensibilização de grande parte das famílias trabalhada, mas foram insuficientes para provocar a mudança de hábitos e que sem o processo de Educação Ambiental não será possível o uso adequado das águas de cisternas.

## 6 CONCLUSÃO

Um dos maiores problemas da nossa imensa riqueza hídrica é o desperdício da água. Em novembro de 2007, o Instituto Socioambiental (ISA) divulgou dados alarmantes a respeito da situação do abastecimento público e saneamento básico nas 27 capitais brasileiras. Em linhas gerais, o estudo revelou que quase a metade – 45% - da água retirada dos mananciais destas cidades é desperdiçada em vazamentos, fraudes e sub-medições. Isso leva a um número de 6,14 bilhões de litros de água jogados fora por dia, ou 2.457 piscinas olímpicas. Esse volume de água é suficiente para abastecer 38 milhões de pessoas durante um dia, o equivalente a população de um país como a Argentina. Porto Velho joga fora mais de 70% da água captada, detendo a liderança desse tipo de problema.

Se não bastasse o desperdício, o consumo per capita, ainda segundo o estudo do ISA, também é maior que o recomendado pela ONU – 110 litros por dia. A média de consumo mensurada nas capitais é de 150 litros e São Paulo, Rio de Janeiro e Vitória chegam a consumir mais de 220 litros/habitante/dia. Dados de saneamento básico não são menos desanimadores: quase metade da população das capitais, o equivalente a 19 milhões de pessoas, tem seus esgotos despejados nos rios e no mar sem qualquer tratamento. E cerca de 70% dessas pessoas não têm sequer a coleta e o afastamento dos resíduos, convivendo de perto com a água contaminada. Um dos resultados é um grande número de internações na rede pública de saúde ocasionadas por doenças transmitidas pela água.

Daí a importância das ações educacionais que visam prioritariamente reduzir ou eliminar os vícios de desperdícios do consumidor final em residências, através de programas educacionais e de incentivo à mudança de hábitos dos usuários. Além de objetivarem também introduzir a questão da água nos currículos escolares e capacitar os professores para esse fim, bem como viabilizar a reciclagem constante dos profissionais envolvidos diretamente com as questões de racionalidade do uso da água.

## 7 REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, T. M. A. **Seleção multicriterial de alternativas para o gerenciamento de demanda de água na escala de bairro.** 2004. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – PB, 2004.

ANA, FIESP, SindusCon-SP. **Conservação e reúso da água em edificações.** 2. ed. São Paulo, 2006, 152 p.

CAMPOS, M. A. S. **Aproveitamento de água pluvial em edifícios residenciais multifamiliares na cidade de São Carlos.** 2004. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Construção Civil da Universidade Federal de São Carlos, São Carlos – SP.

COELHO, A. C. **Manual de Economia de Água – Conservação de Água.** Olinda: Comunigraf Editora, 2001.

COELHO, A. C. **Medição individual de água em apartamentos.** In: I Seminário de Planejamento, Projeto, e Operação de Redes de Abastecimento de Água – SEREA. João Pessoa – PB, 2002.

COSTA, D. Com todo o respeito, aproveite a natureza. **Revista Arquitetura e Construção**, edição de novembro de 2004.

COSTA, I. Y. L. G; SANTOS, C. A. G. **Aproveitamento de água de chuva: uma alternativa para condomínios horizontais.** In II International Conference on Water in Arid and Semiarid Lands, Gravatá – PE, 2007.

FEBRABAN-101/2003. **ANEXO II do acordo de cooperação técnica e financeira celebrado entre FEBRABAN e AP1MC em 31/05/2003.** Disponível em <<http://www.febraban.org.br/arquivo/servicos/respsocial/acordo.pdf>>. Acesso em: 18 abr. 2008.

GONÇALVES, O. M.; IOSHIMOTO, E.; OLIVEIRA, L. H. **Tecnologias poupadoras de água nos sistemas prediais.** Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. DTA – Documento Técnico de Apoio F1. Brasília: Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano, 1999.

HAFNER, A. V. **Conservação e reúso de água em edificações – experiências nacionais e internacionais**. 2007. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharias da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro – RJ.

MOREIRA, M. D. D. **Reciclagem de águas servidas em edifícios residenciais e similares**. 2001. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal – RN.

OLIVEIRA, L. H.; GONÇALVES, O. M. **Metodologia para a implantação de programa de uso racional da água em edifícios**. Boletim técnico da escola politécnica da USP, Departamento de Engenharia Civil, BT/PCC/247, 1999.

RIBEIRO FILHO, J. N.; SILVA, G. C.; LUCENA, K. F. M.; CARVALHO, N. H. C. **Projeto e construção da casa ecoeficiente em Campina Grande – PB**. In: I Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica Natal-RN, 2006.

SABESP. (2008). *Consumo e desperdício* (Cia de Saneamento Básico da cidade de São Paulo). Disponível em: <[http://www.docol.com.br/consumo\\_disperdicio.cfm](http://www.docol.com.br/consumo_disperdicio.cfm)>. Acesso em: 17 abr. 2008.

SILVA, M. M. R.; OLIVEIRA, L. A.; DINIZ, C. R.; CEBALLOS, B. S. O. Educação ambiental para o uso sustentável de água de cisternas em comunidades rurais da Paraíba. In: **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, suplemento especial número 01, 2006.

## **CAPÍTULO 3**

### **RECURSOS HÍDRICOS NA ZONA RURAL DO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO: FORMAS DE CAPTAÇÃO, QUALIDADE DA ÁGUA E CONFIGURAÇÃO DE CENÁRIOS DISTINTOS**

Josandra Araújo Barreto de Melo

**Professora do Departamento de História e  
Geografia/Universidade Estadual da Paraíba;  
Doutoranda do Programa de Pós-Graduação  
em Recursos Naturais/Universidade Federal  
de Campina Grande, PB/BRASIL  
E-mail: ajosandra@yahoo.com.br**

Ronildo Alcântara Pereira

**Mestrando do Programa de Pós-Graduação  
em Recursos Naturais/Universidade Federal  
de Campina Grande, PB/BRASIL  
E-mail: ronalcantara@gmail.com.br**

## **1 INTRODUÇÃO**

Nas últimas décadas, tem surgido um intenso debate a respeito das questões ambientais, sobretudo pela descoberta pela sociedade, da finitude dos recursos naturais. Em meio a este cenário, mais sérias e complexas são as questões que envolvem os recursos hídricos, tendo em vista seu caráter prioritário e estratégico para a existência das atividades produtivas e, por que não dizer, da própria existência da vida no âmbito do Planeta.

Segundo uma série de estudos e levantamentos, não existe falta d'água na Terra. O que realmente ocorre é um déficit entre as quantidades demandadas e a oferta, devido ao tempo que decorre para que se processe o ciclo hidrológico ou ainda a distribuição desigual dos recursos hídricos em nível planetário, a exemplo da distribuição de água na Amazônia e no Nordeste semi-árido do Brasil.

Com relação a quantidade de água disponível na Terra, na visão de especialistas, como Rebouças (2001), desde o surgimento do Planeta até a

atualidade, os volumes disponíveis das reservas de água são os mesmos. Segundo o mencionado autor, a demora que ocorre entre o uso da água, muitas vezes submetida a processos poluentes, e sua depuração na atmosfera é interpretada como se houvesse uma redução das quantidades disponíveis, o que não é verdade.

No que se refere à distribuição desigual da água entre as regiões do Planeta, alguns aspectos são determinantes para a existência de oferta ou escassez de água. A principal delas é a distribuição irregular, tanto espacial como temporal, motivada por diversos aspectos - inclusive climáticos, o que acaba por determinar as quantidades precipitadas. Nesse contexto, alguns países, mesmo que reconhecidamente abundantes na disponibilidade de água, hospedam dentro de suas fronteiras, regiões extremamente áridas ou semi-áridas, exigindo ações por parte dos governantes e da sociedade, de políticas, normas e conscientização para o uso deste recurso, com eficiência, frente à escassez.

Vários autores, entre eles, Rebouças (1997), mostram que o Brasil dispõe de quase 13% dos recursos hídricos superficiais do Planeta. Uma vazão de 182.633 m<sup>3</sup>/s, se concentra nos 8.511.965 Km<sup>2</sup> do território nacional. A dotação, embora sobre-abundante para as demandas antrópicas em algumas regiões, em outras não corresponde à demanda doméstica e do setor produtivo em geral. Segundo dados da Agência Nacional de Águas - ANA, 73% dos recursos hídricos concentram-se na bacia hidrográfica Amazônica, onde habita 4% da população do Brasil. Por outro lado, a região hidrográfica costeira do Nordeste oriental, que concentra 20% da população do país, conta apenas com 2% dos recursos hídricos nacionais (ANA, 2002).

Representando 18,3% do território brasileiro, o Nordeste é formado por nove estados e engloba a área do Polígono das Secas do Brasil, comumente conhecida como região semi-árida que é, fundamentalmente, caracterizada pela ocorrência do bioma Caatinga, presente nas Mesorregiões do Sertão (AB'SABER 1979), Borborema e Agreste. Esta vasta área do interior nordestino apresenta com forte predominância, clima seco e quente, com chuvas que se concentram nas estações de verão e outono. A região sofre a tímida influência de várias massas de ar (a Equatorial Atlântica, a Equatorial Continental, a Polar e as Tépidas Atlântica e Calaariana) que interferem na formação do seu clima, mas essas massas adentram o interior do Nordeste com pouca energia, tornando extremamente variáveis não

apenas os volumes das precipitações caídas, mas, principalmente, os intervalos entre as chuvas (SUASSUNA, 2002).

Somados a esses aspectos, existem inúmeros equívocos nos programas de convivência com a seca, que vão desde o desconhecimento das condições para o armazenamento de água, que busque minimizar os efeitos das altas taxas de evaporação (cerca de 2.000 mm anuais), até a falta de conhecimento científico que forneça suporte à utilização da água salobra existente, de modo a que possa produzir com eficiência, causando menos impactos nas áreas receptoras dessas águas.

Soares (2007) reconhece essa necessidade ao afirmar que o conhecimento que viabilize o uso dos recursos hídricos não deve ser prerrogativa apenas das regiões semi-áridas, antes de todas as áreas de produção, tendo em vista a urgência em se estabelecerem usos racionais para tão precioso componente, não apenas da produção, mas de resto para a sustentabilidade dos sistemas. Nessas condições, a avaliação do problema da água de uma dada região já não pode se restringir ao simples balanço entre oferta e demanda. Para Rebouças (1997):

Deve abranger também os inter-relacionamentos entre os seus recursos hídricos com as demais peculiaridades geoambientais e sócio-culturais, tendo em vista alcançar e garantir a qualidade de vida da sociedade, a qualidade do desenvolvimento socioeconômico e a conservação das suas reservas de capital ecológico.

Em contraposição a face insustentável da maior parcela do semi-árido está o agro-negócio, praticado com tecnologia avançada nos vales férteis da região, cujo mercado tem como destinação as exportações. Esses “Oasis”, que muitas vezes se localizam a poucos quilômetros das áreas secas, têm vida própria e em nada lembram as dificuldades e a escassez, não apenas de água, mas também de oportunidades de bons negócios em contraste com a agricultura convencional local.

Lacerda e Lacerda (2004) afirmam que a produção agrícola nas áreas dos grandes projetos de irrigação pode ser tomada como um bom exemplo, no espaço rural nordestino, das transformações da base técnico econômica do agronegócio brasileiro. Esses autores reforçam tal posição ao justificarem que o desenvolvimento de padrões produtivos em bases modernas impõe à produção agrícola um estreitamento de relações com os setores industriais à montante (fornecedores de insumos e equipamentos) e à jusante (agroindústrias processadoras), de

comercialização e serviços, tais como os que dizem respeito ao crédito, à assistência técnica, à pesquisa, à formação de mão de obra, entre outros benefícios.

Diante dessas questões, o presente ensaio se propõe a analisar a questão da oferta/demanda de recursos hídricos no semi-árido brasileiro; destacar a precariedade do sistema de captação, abastecimento e qualidade de água nas comunidades rurais dessa área do país; relatar a prática de algumas experiências de sucesso na região, que configura dois cenários distintos; e, por fim, ressaltar a necessidade de gestão adequada dos recursos hídricos na região em pauta.

## **2 DELIMITAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO**

Segundo Andrade (2005), o Nordeste é uma das regiões geográficas mais discutidas do país, apesar de ainda ser a menos conhecida. Freqüentemente, sua área é associada ao fenômeno climático das secas – característico de parte significativa da região – e das conseqüências sobre a população local; entretanto nem todo o Nordeste é castigado pela estiagem e, por este motivo e para melhor administrar tal fato, nas áreas mais afetadas do mencionado território, foi delimitada a região que compreende, de acordo com os critérios estabelecidos, as maiores adversidades condicionadas pela semi-aridez climática. Essa área é denominada de Polígono das Secas ou, mais comumente, de semi-árido.

O Polígono das Secas foi primeiramente delimitado por ocasião da Lei 1.348/51 como área de atuação do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas – DNOCS. Segundo Rebouças (1997), tal delimitação foi alterada por mais de dez vezes, obedecendo sempre a critérios mais políticos que ecológicos.

Até o ano de 1995, sob os efeitos da Lei 7.827/89, os critérios utilizados para a delimitação geográfica do semi-árido eram baseados nas precipitações pluviométricas iguais ou inferiores a 800 mm (oitocentos milímetros). Com essa característica climática, os municípios eram inseridos na área de atuação da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste – SUDENE.

A última atualização dos municípios pertencentes ao semi-árido foi feita em 1995, pela SUDENE, através da Portaria 1.181 do referido órgão. Com a extinção

da Autarquia mencionada, passou-se para o Ministério da Integração Nacional a responsabilidade de posicionar-se acerca dos pleitos de inclusão dos municípios interessados em dispor de tratamento diferenciado das políticas de crédito e benefícios fiscais conferidos àquela parcela do território brasileiro.

A partir da constatação da insuficiência dos critérios estabelecidos anteriormente, o Ministério da Integração Nacional instituiu, em 2005, uma nova delimitação para a área em foco, atualizando os critérios de classificação, a partir de três variáveis climáticas ao invés de uma: precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 mm (oitocentos milímetros); índice de aridez de até 0,5, calculado pelo balanço hídrico que relaciona as precipitações e a evapotranspiração potencial, no período entre 1961 e 1990; e risco de seca maior que 60%, tomando-se por base o período entre 1970 a 1990 (Disponível em: <<http://www.integracao.gov.br>>. Acesso em 10 nov. 2007).

Com essa atualização, a área classificada oficialmente como Polígono das Secas ou região semi-árida aumentou de 892.309,4 Km<sup>2</sup> para 969.589,4 Km<sup>2</sup> sendo, hoje, composta por 1.133 municípios, com uma população de 20.858.264 pessoas, conforme destaca a Figura 9.



**FIGURA 9 – NOVA DELIMITAÇÃO DO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO.**

**Fonte:** Ministério da Integração Nacional, Secretaria de Políticas de Desenvolvimento Regional. Disponível em: <<http://www.integracao.gov.br>>. Acesso em: 10 nov. 2007.

Segundo apreciação informal feita pelo geógrafo francês Jean Dresch, quando esteve na década de 1970 visitando a região, e mencionada por Ab'Sáber (1999), o Polígono das Secas é uma das regiões semi-áridas mais povoadas entre todas as terras secas existentes nos trópicos ou entre os trópicos, visto que nessas outras áreas a população se concentra em alguns oásis e no semi-árido é distribuída ao longo de todo o território, entretanto Ab'Sáber (2003) complementa a informação acrescentando que, possivelmente, se trata da região que possui a estrutura agrária mais rígida da face da Terra.

No Semi-árido chove pouco (as precipitações variam entre 500 e 800 mm, havendo, no entanto, bolsões significativos de 400 mm) e as precipitações são mal

distribuídas no tempo, sendo imprevisível a ocorrência de chuvas sucessivas, em pequenos intervalos. Portanto, o que realmente caracteriza uma seca não é o baixo volume de precipitações, mas a sua distribuição ao longo do tempo.

A região em foco é influenciada pela Massa de Ar Equatorial do Atlântico Sul, que tem o início de sua atuação no outono, com sua maior umidade na corrente inferior dos alísios; da Massa de Ar Equatorial Continental, que é originada na Amazônia e é a única massa de ar continental úmida, pois se origina sobre uma superfície com farta e caudalosa rede de drenagem coberta por uma exuberante e densa floresta, produzindo fortes chuvas de convecção, podendo alcançar o semi-árido, em sua porção oeste, de novembro a janeiro, particularmente quando ocorre em conjunto com o deslocamento em direção ao sul da Zona de Convergência Intertropical – ZCIT; da Massa de Ar Tropical Atlântica, que atua, sobretudo no litoral, sendo impedida pelo sistema orográfico de avançar para o sertão e produzir chuvas abundantes; de forma ainda mais tímida que as demais, a região ainda recebe alguma influência da Massa de Ar Polar Atlântica, no inverno, através da incorporação da mesma aos alísios de sudeste, produzindo chuvas abundantes no litoral e menos expressivas no interior do Estado.

Não se pode deixar de mencionar com relevância o papel do relevo no clima local, tendo em vista que as áreas do Planalto da Borborema, transversais à direção preponderante dos ventos, provocam desvios significativos que, de pronto, se evidenciam sobre a força e a continuidade das massas de ar, para, finalmente, se diferenciarem quanto às precipitações. Nesse sentido, a planície costeira, as serras dos Brejos e o declive oriental da Borborema são atingidos pelos ventos úmidos de Sudeste, estes, dado as condições topográficas, se elevam, resfriando-se e ultrapassando, muitas vezes, o nível de condensação, com nuvens e condições de precipitações, que originam as chuvas (LIMA; HECKENDORFF, 1985, p. 34).

Por outro lado, segundo os autores supracitados, toda a área a oeste do Planalto da Borborema, não satisfatoriamente atingida pelos ventos úmidos do Atlântico, recebe a influência das massas de ar quentes e úmidas oriundas da Amazônia (Massa de Ar Equatorial Continental), bem como os reflexos da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), ocasionando, no final do verão e outono, as chuvas.

A partir desses condicionantes meteorológicos e geomorfológicos, a região em foco, de acordo com a classificação de Köopen, é de clima BSh, na qual B

significa que a evapotranspiração potencial média é maior que a precipitação média anual, e não havendo, portanto, excedente de água, daí o porquê de nenhum rio permanente originar-se no local; S indica estação seca de verão; e h refere-se à temperatura média anual superior a 18°, ou seja, temperatura elevada (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 120-121).

Segundo Ab'Sáber (2003), no semi-árido predominam temperaturas entre 25 e 29 °C, o que faz com que o Sertão (outro termo comumente usado para denominar o Polígono das secas) se assemelhe a semi-desertos nublados, entretanto, logo após as primeiras chuvas, árvores e arbustos de folhas miúdas e múltiplos espinhos protetores entremeados por cactáceas reverdecem. Segundo o referido autor, isso decorre da existência de água na superfície dos solos em combinação com a forte luminosidade da região, fato que restaura a funcionalidade da fotossíntese.

### **3 FORMAS DE CAPTAÇÃO E POSSÍVEIS IMPLICAÇÕES DECORRENTES DA AUSÊNCIA DE TRATAMENTO DA ÁGUA CONSUMIDA PELA POPULAÇÃO RURAL DO SEMI-ÁRIDO**

O abastecimento de água tem uma significativa participação na qualidade de vida das comunidades. Nas áreas de secas freqüentes, particularmente, a questão é mais grave, tendo em vista que se somam os problemas advindos da pequena disponibilidade hídrica e os de gestão da água existente, que estão associados as formas de captação e armazenamento, para suprir as necessidades da população e oferecer melhores condições de vida em momentos de escassez hídrica.

No que se refere as formas de captação de águas no semi-árido brasileiro, as alternativas a seguir mostram alguns exemplos de como se processa tal mecanismo:

- *Tanques* – são cavidades naturais encontradas em afloramentos rochosos no semi-árido brasileiro. Essa forma de captação, muito comum na área em foco, não requer nenhum investimento por parte da população, fazendo-se necessária apenas a limpeza ao término da utilização da água,

tendo em vista que ficam dispostos no fundo do reservatório os sedimentos advindos da correnteza das águas à montante na bacia;

- *Barreiros/pequenas barragens* – constituem o tipo de reservatório mais comum nas bacias hidrográficas do semi-árido. Na verdade, trata-se de pequenas áreas de represamento construídas na área de confluência do sistema de drenagem local, com o propósito de captar e armazenar água para a população e para a pecuária durante a estação seca. Geralmente, são construídas sobre o solo desnudo, sem maiores preocupações do ponto de vista da engenharia. Porém, há alguns fatores limitantes para o uso como reservatórios, tais como, as perdas por evaporação, que levam à concentração de sais contidos na água, a perda de água por vazamentos, além do fato de que todos os poluentes dispostos na bacia hidrográfica são carregados para esses reservatórios, ficando sedimentados na área de fundo até o término de utilização da água, quando esses depósitos serão limpos, sendo retirados os poluentes que se misturam a uma grande quantidade de terra advinda da erosão das áreas à montante;
- *Açudes* – são barragens maiores, com a mesma configuração acima descrita. São construídos nos leitos de rios, para captação e armazenamento das águas pluviais e de escoamento superficial, com o intuito de satisfazer a população em todas as suas necessidades, incluindo, muitas vezes, a pequena irrigação. Esses reservatórios são de grande importância estratégica para o fornecimento de água à população, representando, principalmente nos períodos de seca, as únicas fontes de abastecimento local. Na região semi-árida, por exemplo, os açudes são alimentados nos períodos de “cheia”, onde a elevada precipitação concentrada em poucos meses, semanas ou dias, aliados ao embasamento rochoso cristalino, favorecem o acúmulo de água;
- *Cisternas* – bastante freqüentes na paisagem no semi-árido brasileiro, principalmente em decorrência das ações desencadeadas pelo Programa de Formação e Mobilização Social para Convivência com o Semi-Árido (P1MC): um milhão de cisternas rurais (Disponível em: <<http://www.asabrazil.org.br>>. Acesso em: 19 mar. 2007). São depósitos construídos em alvenaria e destinados a captar as águas de chuvas

precipitadas sobre telhados, pátios e superfícies limpas. A água é captada por meio de estruturas simples, como calhas feitas com chapas metálicas, sendo conduzida por meio de condutos abertos ou fechados (canais ou tubos, respectivamente) para as cisternas. A título de curiosidade, uma cisterna de placas, por exemplo, com capacidade para armazenar até 15 mil litros de água, tem baixo custo de fabricação, ou seja, cerca de R\$ 1.000, 00 (hum mil reais) e é o suficiente para garantir água de boa qualidade para uma família de 6 a 7 pessoas, durante todo o ano);

- *Barragens subterrâneas* – são barramentos subterrâneos feitos transversalmente nos leitos aluviais dos rios, que propiciam a formação de pequenos “oásis” em sua área de influência. Podem ser usadas tanto para o abastecimento público quanto para a sub-irrigação. Exploram as águas subsuperficiais dos rios, quando estes deixam de escoar as águas superficiais;
- *Cacimbas* – exploram a água subterrânea. São escavadas, na maioria das vezes, à pequenas profundidades e com técnicas rudimentares. São usados, de modo geral, na captação do lençol freático. Não necessariamente necessitam de estruturas de alvenaria e dão vazões geralmente pequenas, sendo apenas suficientes para o uso pecuário, principalmente em função dos elevados níveis de salinidade presentes na água;
- *Poços tubulares* – são poços que exploram o lençol freático a profundidades relativamente maiores que a das cacimbas. São construídos por meio de máquinas de perfuração, têm diâmetros pequenos e são revestidos com tubos. A água chega a superfície do solo por meio de uma estação elevatória, podendo dar boa vazão se o lençol freático for caudaloso. O armazenamento da água é feito em depósitos construídos na superfície;
- *Poços amazonas* – são aqueles que exploram o aquífero aluvial, construídos em alvenaria, com diâmetro de 4 a 6 m e vazão de 4 a 5 m<sup>3</sup>h<sup>-1</sup>. São indicados para áreas de lençol freático mais alto e de grande poder de recarga. A própria estrutura do poço é um reservatório de água a céu aberto. Nos períodos de seca, essas estruturas reduzem seus volumes de água, chegando a secar nas áreas mais castigadas;

- *Poços artesianos* – são poços perfurados, geralmente a grandes profundidades, que exploram os lençóis artesianos ou confinados. Têm pequenos diâmetros e podem dar grandes vazões, o suficiente para abastecer uma pequena comunidade. São chamados de artesianos se a água jorrar na superfície pela sua própria pressão de confinamento e de semi-artesiano, se necessitam de bombeamento.

Mediante o exposto, observa-se que o abastecimento de água da zona rural do semi-árido ainda ocorre de forma bastante rudimentar, em que se verifica uma ausência total de mecanismos de remoção de poluentes, quer seja do ponto de vista microbiológico quer do aspecto físico-químico. Esse fato acarreta preocupações, tendo em vista que a água de consumo humano é um dos importantes veículos de enfermidades diarréicas de natureza infecciosa, denominadas de doenças de veiculação hídrica, que são causadas, principalmente, por microorganismos patogênicos de origem entérica, animal ou humana, transmitidos basicamente pela rota fecal-oral, ou seja, são excretados nas fezes de indivíduos infectados e ingeridos na forma de água ou alimento contaminado por água poluída com fezes. Diante disso, torna-se primordial a avaliação da qualidade microbiológica e físico-química da água de abastecimento, fato que inexiste na realidade em foco.

No Brasil, apesar da existência de mecanismos de regulamentação dos níveis de qualidade da água para o consumo humano, presentes na Resolução do CONAMA 357/2005 e nas Portarias do Ministério da Saúde, de número 1.469/2000, que apresenta diretrizes para controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade e 518/2004, que normatiza a qualidade da água para o consumo humano, o modelo de abastecimento de água e saneamento, é centrado nas companhias estaduais, o que induziu a uma atenção maciça para as sedes municipais, sem que a população rural receba atendimento significativo.

O mesmo pode ser verificado no que concerne à qualidade da água, visto que só existe tratamento para as águas do sistema de abastecimento via adutoras, ficando a população rural, mesmo a que mora vizinha as áreas dos mananciais e/ou adutoras, relegada ao esquecimento, fazendo uso da água sem qualquer tratamento prévio. A Tabela 1 apresenta um panorama dos sistemas de abastecimento de água na zona urbana (para efeito de comparação) e na zona rural, por região do país.

**TABELA 1 – POPULAÇÃO RESIDENTE POR SITUAÇÃO DO DOMICÍLIO E FORMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA NAS GRANDES REGIÕES DO BRASIL.**

REGIÃO	População urbana (%)			População rural (%)		
	Rede geral	Poço ou nascente	Outra forma	Rede geral	Poço ou nascente	Outra forma
Norte	63,0	30,1	6,9	9,6	59,4	31,0
Nordeste	85,3	6,7	8,0	18,3	41,1	40,6
Sudeste	94,4	4,4	1,2	22,5	69,6	7,9
Sul	93,3	5,4	1,3	18,2	74,6	7,3
Centro-Oeste	81,8	15,9	2,3	11,5	81,2	7,3
<b>Brasil</b>	<b>89,1</b>	<b>7,6</b>	<b>3,3</b>	<b>17,8</b>	<b>56,4</b>	<b>25,8</b>

Fonte: IBGE (2000).

A observação da tabela permite verificar que, no meio rural, a maior parte da população é abastecida por poços ou nascentes e por outras formas não especificadas no banco de dados do IBGE, entretanto por conhecimento prévio, acrescenta-se que tais formas são o armazenamento de água em cisternas, barreiros/pequenas barragens, açudes, tanques naturais, dentre outras fontes, fazendo com que, para algumas comunidades, desprovidas de infra-estrutura de captação/armazenamento, a água possa estar localizada a quilômetros de distância das residências, implicando em longas caminhadas e muito esforço físico para carregar. O transporte da água, nesses casos, é feito em lombo de animais e/ou latas de água carregadas na cabeça pela população pobre.

Com relação à construção de poços mencionada nos dados do IBGE, segundo Rebouças (1997), devido à falta de controle das atividades de perfuração, tanto no nível federal e estadual quanto municipal, o número total existente na região Nordeste é apenas estimado. Com base nos levantamentos realizados pela SUDENE, estima-se em 50 mil o número poços existentes na região, dos quais, apenas cerca de 20 mil, estariam em operação por razões diversas, desde falta de recurso financeiro para a instalação de bombas, casos de obtenção de água de qualidade imprópria ao consumo, até razões de ordem político-eleitorais. Neste caso, o poço é perfurado durante a campanha eleitoral e a instalação do equipamento é reservada como promessa de campanha da próxima legislatura.

É importante assinalar que a maioria dos poços existentes não apresenta as características esperadas de uma obra de engenharia geológica, isto é, construída e operada dentro de padrões técnicos recomendados. A falta de fiscalização e

controle necessário nos níveis federal, estadual e municipal tem, sem dúvida, grande responsabilidade pelo quadro de improvisação e empirismo, ainda muito freqüente, atribuindo-se sorte lotérica ao bom resultado de um poço.

Além dos problemas mencionados, o risco de ocorrência de surtos de doenças de veiculação hídrica no meio rural é alto, principalmente em função da possibilidade de contaminação bacteriana de águas que muitas vezes são captadas em poços velhos, inadequadamente vedados e próximos de fontes de contaminação, como fossas e áreas de pastagem ocupadas por animais (AMARAL et al., 2003).

Do ponto de vista da qualidade, a água destinada ao consumo humano e animal deve ser isenta de contaminantes químicos e biológicos, além de apresentar certos requisitos de ordem estética. Entre os contaminantes biológicos são citados organismos patogênicos compreendendo bactérias, vírus, protozoários e helmintos, que veiculados pela água podem, através da sua ingestão, parasitar o organismo humano ou animal (BRANCO apud SOUZA et al., 1988).

Segundo os referidos autores, podem ser veiculados pela água os agentes de muitas das enfermidades que assolam seres humanos e animais, tais como: carbúnculo, salmoneloses, leptospiroses, brucelose, tifo aviário, paratifo dos bezerros, colibacilose, tuberculose, erisipelóide, febre aftosa, peste suína, peste aviária, anemia infecciosa equina, cinomose, panleucopenia felina, peste suína africana, eimeriose e helmintíases. É importante salientar que muitos tipos de vírus foram identificados a partir de excreções humanas e, também, um grande número a partir de fezes de animais, e que os métodos de tratamento de água podem não inativar todos os vírus.

Segundo Amaral et al. (2003), um dos maiores perigos da contaminação da água no meio rural é o escoamento superficial, durante o período de chuva, tendo em vista que o uso do solo na bacia hidrográfica é de fundamental importância do ponto de vista da gestão dos recursos hídricos. De acordo com esses autores, em estudo realizado no México, concluiu-se que a presença de coliformes nas amostras das águas dos mananciais estudados e dos domicílios tiveram relação direta com a presença de chuva, devido ao arraste de excretas humanas e animais. Concluiu-se também que a ausência de tratamento favoreceu o alto nível de contaminação encontrado.

De acordo com Clarke e King (2005), o caso é tão grave que nos países em desenvolvimento, cerca de 4 milhões de pessoas são afetadas anualmente, e muitas delas, na maioria crianças, morrem em consequência da desidratação que acompanha os casos de diarreias graves e sem tratamento. Além disso, cerca de 80% de todas as doenças diagnosticadas nos países pobres são disseminadas pelas águas. Algumas como a diarreia, são transmitidas pela água por microorganismos. Outras, a exemplo da malária, que ainda mata mais de 1 milhão de pessoas por ano, são transmitidas por animais maiores (mosquitos), que vivem sobre ou na água parada. Afora isso, ainda deve-se considerar os casos de contaminação química das águas pelas atividades produtivas, tanto nas zonas urbanas pelos esgotos e atividades industriais, quanto nas zonas rurais pelas atividades agrícolas que utilizam agrotóxicos e outros insumos agrícolas que vão parar nos leitos dos rios e reservatórios de águas.

Entretanto, apesar da importância do levantamento desses parâmetros, há em nosso meio número reduzido de estudos quanto à qualidade das águas das zonas rurais usadas para o consumo humano e dessedentação de animais. O agravante para a situação nessas áreas deve-se a carência de serviços de saneamento adequados, visto que o descarte seguro das fezes humanas é um fator básico na luta contra muitas doenças infecciosas e as bactérias e outros agentes causadores de doenças infecciosas, como desintéria amebiana, cólera, tifo e poliomielite, que são facilmente transmitidos pela água contaminada por fezes humanas ou de animais.

Além da necessidade de gestão da qualidade da água do meio rural, outro aspecto que chama atenção refere-se ao papel das mulheres que, nas numerosas vilas e comunidades de pequenas dimensões, são as principais administradoras da água disponível. Nessas áreas, as mesmas passam a ser elementos-chaves para o funcionamento e manutenção do sistema, e com freqüência tem a maior influência sobre os procedimentos adotados. Segundo Selborne (2001), estudos feitos demonstram insistentemente que a participação das mulheres é, não só ética, mas também prática e que os projetos que envolvem a participação de mulheres têm maior probabilidade de ser mantidos e de gerar os benefícios esperados. Garantir os direitos das mulheres à água doce tem um impacto direto na comunidade, o que foi reconhecido formalmente pela Conferência do Rio de Janeiro sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento.

#### 4 EXPERIÊNCIAS EXITOSAS EM ÁREAS COM BAIXA DISPONIBILIDADE HÍDRICA

Estudos mais recentes, desenvolvidos pela EMBRAPA-COATSA, apontam para a existência de 172 unidades geoambientais no semi-árido brasileiro, distribuídas em 20 unidades de paisagem (QUEIROZ apud REBOUÇAS, 2001). Tal diversidade de ambientes edafoclimáticos representa vantagens comparativas com reflexos vários sobre o processo produtivo no semi-árido. São, sobretudo, novas oportunidades de negócios agrícolas, impossíveis de serem conseguidos em outras regiões do país e que dependem da água como fator essencial de desenvolvimento rural.

Para muitos estudiosos, estas experiências revestidas de êxito desmontam a visão determinista de uma parcela significativa da elite dominante, em que a seca é a causa da pobreza e da miséria da região nordestina (AB'SABER, 1979; REBOUÇAS, 2001). Nesse contexto, podem ser ilustrativas as comparações entre situações mundiais similares, sem desmerecer a condição subjetiva da nossa realidade sociocultural, ainda sensivelmente marcada pelo estágio de colônia de exploração.

O contraste entre a eficiência no uso das águas fica bem evidente nos dois exemplos relatados por Rebouças (2001), onde os Estados Unidos da América, cujos contrastes fisicoclimáticos são, relativamente, muito mais expressivos do que os existentes aqui – extensão de terras áridas/semi-áridas da ordem de 2.615 mil Km<sup>2</sup>, além dos 900 mil Km<sup>2</sup> de desertos – o potencial médio *per capita* de água é de 9.940 m<sup>3</sup>/ano, enquanto o consumo total médio é de 2.162 m<sup>3</sup>/hab./ano, ou seja, cerca de 22% do valor disponível. Vale ressaltar que o consumo da agricultura, basicamente irrigação no contexto semi-árido, representa 42% do total médio. Contudo, a eficiência no uso da água disponível e a grande produtividade da sua agricultura transformam a zona semi-árida numa das maiores potências agrícolas do mundo.

O segundo caso relatado pelo mesmo autor é a situação de extrema aridez de Israel, atualmente, outra das potências agrícolas do mundo, é exemplo dos mais contundentes. Sobre o seu território, de aproximadamente 21 mil Km<sup>2</sup>, a pluviometria média varia entre 800 mm/ano no Norte e 30 mm/ano no Sul. A extensão de terras

agrícolas é de apenas 450 mil ha, localizada no setor que recebe pluviometria inferior a 200 mm/ano e sujeita à ocorrência de seca, numa proporção de um ano chuvoso sobre três secos.

## **5 O PAPEL DA TECNOLOGIA NA CONFIGURAÇÃO DE DISTINTOS CENÁRIOS DE USO DA ÁGUA NO NORDESTE SEMI-ÁRIDO**

A idéia de que a condição semi-árida está diretamente relacionada com a baixa produtividade agrícola é totalmente falsa, comparando-se suas condições com os exemplos mencionados, os quais mostram o contrário. A região semi-árida do Brasil não é pior, em termos de potencialidades agrícolas, que muitas outras áreas semi-áridas do mundo, notadamente o Oeste dos Estados Unidos. A existência de ilhas de sucesso e prosperidade no contexto semi-árido do Nordeste brasileiro indica ser extremamente viável a ocorrência de significativas e positivas mudanças no seu cenário agrícola (SILVA, 1996, p. 103).

Na perspectiva de um aproveitamento com racionalidade do potencial hídrico existente, várias são as ações com tal intuito. Muitas podem ser consideradas, carregadas de pleno êxito, a exemplo da agricultura irrigada do vales férteis possibilitados pela construção de represas e as margens dos rios perenes. Sobre estas atividades produtivas, Rebouças (2001, p. 353) se refere:

Os ressaltos orográficos (Serra de Baturité-CE, Serra dos Martins-RN, Triunfo-PE/PB, Brejo das Freiras-PB, dentre outras) e/ou condições hidrogeológicas especiais (entre as quais Serra do Araripe, Ibiapaba) engendram uma variedade de condições edafoclimáticas, de tal forma que configuram um arquipélago de zonas úmidas ou brejos dentro de um contexto semi-árido (ANDRADE, 1968). Além disso, a região é percorrida por dois importantes rios perenes (São Francisco e Parnaíba), cujas nascentes ficam fora do contexto semi-árido e tem descargas regularizadas de 2.060 m<sup>3</sup>/s – Sobradinho – e 700 m<sup>3</sup>/s, respectivamente.

Além disso, já se registram providências por parte das políticas públicas e iniciativas de organizações não governamentais com o propósito de efetivarem um melhor aproveitamento das águas, através de atividades compatíveis com a oferta e, principalmente, adequadas a qualidade, muitas vezes não potáveis. Algumas destas práticas são elencadas na seqüência deste trabalho.

Uma delas é o Sistema Integrado de Reuso dos Efluentes da Dessalinização, que consiste na produção de água potável e no reaproveitamento do sal extraído da dessalinização para a criação de tilápia rosa, uma espécie adaptada as condições climáticas do semi-árido. Noutra etapa do processo, a água salgada já utilizada na piscicultura é reaproveitada para o cultivo de uma planta conhecida como erva-sal, comumente aproveitada na alimentação de caprinos e ovinos.

O sistema é todo integrado, com o rejeito sendo insumo produtivo para outra atividade. Neste tipo de iniciativa, proposto por uma fundação pública, cerca de mil pessoas que vivem da agricultura familiar e da criação de cabras e tilápias e são beneficiadas pela fonte de abastecimento de água inaugurada na localidade denominada Atalho, povoado de Petrolina (PE), no dia 28 de abril, dia da Caatinga (EMBRAPA, 2007).

O projeto, incluído no programa Água Doce, desenvolvido pela Secretaria de Recursos Hídricos do ministério e instituições parceiras, permite fixar o homem na região e ainda gerar renda para o sertanejo. Este conjunto de ações tem como meta possibilitar o fortalecimento nutricional da população, melhorando as condições de vida das pessoas e garantindo a segurança alimentar, oferecendo água de boa qualidade.

Numa etapa seguinte, o sistema avaliará os resultados do uso do rejeito da dessalinização na criação de Tilápia Rosa e, dependendo do êxito alcançado, projeta-se expandir a experiência com a criação, nos mesmos moldes, do Camarão Branco do Pacífico.

Uma alternativa que merece destaque é a da construção de cisternas de placas para acumulação de águas das chuvas. Essa experiência é, num primeiro momento, válida, pois é um depósito protegido da alta evaporação, comumente incidente na região. Contudo, estudos mostram que ela por si só, não é capaz de resolver a problemática da demanda por água, em virtude, principalmente, da dependência dos baixos volumes precipitados, muitas vezes incerto, bem como sua pouca capacidade de armazenamento, insuficiente para um longo período estio. A consequência imediata e a batalha diária, travada pela população do semi-árido em busca de uma fonte d'água que satisfaça suas necessidades mais básicas.

Segundo Andrade (1988, p. 62) esta carência está sempre se repetindo em função de que existem dois tipos de seca no semi-árido nordestino. Um anual e de

cerca de sete a oito meses; o outro, de caráter cíclico, cuja ocorrência se repete de dez em dez anos, aproximadamente. Este último tem efeitos catastróficos sobre a população humana, os rebanhos e a cobertura vegetal. No que refere aos impactos, a falta d'água, é um dos mais danosos forçando a população a percorrer grandes distâncias em busca desse recurso. Os programas de assistência, visando suprir a falta d'água funcionam de forma precária, tanto quantitativa quanto qualitativamente. Entretanto se corporificam num exemplo clássico da origem social da escassez de água caracterizado pelo fenômeno da “indústria da seca” do nordeste, onde o domínio sobre as fontes de água consolidou a construção do poder de segmentos da sociedade sobre outros (GALIZONI, 2005, p. 13). Todavia, algumas ações visando recuperar e conservar a capacidade produtiva e a melhoria da vida nas comunidades já pode ser observadas. A construção de barragem subterrânea, a captação de água chuva, de poços artesianos e amazonas e o controle efetivo do excesso das águas salobras oriundas dos dessalinizadores em contato com o solo, que causam a salinização de vastas áreas têm sido realizadas, mesmo que em ações pontuais.

Nesta perspectiva, dois programas servem de exemplo no que refere a prática de manejo integrado das bacias hidrográficas. O primeiro, diz respeito ao programa Base Zero, concebido como uma abordagem sistêmica do problema ambiental do semi-árido nordestino. Segundo o seu autor, o engenheiro mecânico e agropecuarista José Artur Padilha, aquele projeto constitui uma “mudança de paradigma na produção agroambiental nos trópicos secos”. Representaria, portanto, uma nova forma de convivência do homem com o semi-árido, pois propiciaria o ecodesenvolvimento baseado no uso comunitário dos recursos naturais (DUARTE, 2007).

Outro projeto que merece destaque refere-se as Técnicas Agrícolas para Contenção de Solo e Água, realizado pela Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) em parceria com a Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) que contempla algumas ações de manejo como: barramento com pneus usados para a construção de em nível, cujo objetivo é reter solo e água; Barragens subterrâneas utilizando lona plástica; anéis pré-moldados para a captação de água no leito dos rios e riachos e terraceamento com tiras de pneus usados com o intuito de conter a erosão de vertentes por ocasião das fortes enxurradas (BARACUHY et al., 2007). Os programas mencionados objetivam a conservação dos recursos naturais da

caatinga, seja por contemplar uma visão sistêmica do ambiente, como e o caso do Base Zero, seja por reaproveitar materiais de difícil decomposição na natureza, em benefício dela própria, no caso do segundo exemplo.

Todos esses exemplos configuram a existência, na região em análise, de dois cenários distintos: o primeiro, que pode até ser designado de pré-capitalista e outro de agricultura moderna. Em ambos existe a confluência de um conjunto de aspectos integrados, que determinam a nível de vulnerabilidade local.

No primeiro, tem-se alta vulnerabilidade socioeconômica por parte da população, decorrente da expropriação dos bens de produção e de consumo, que remonta ao período colonial, o que implica em uso de tecnologias arcaicas e, no que se refere aos recursos hídricos, vincula-se a dependência de fontes de abastecimento de caráter rudimentar e sem nenhuma forma de tratamento para remoção de poluentes, tornando a população vulnerável também do ponto de vista da saúde humana; quanto ao segundo cenário, trata-se, portanto, da inserção de pequenas manchas de modernidade no interior de um contexto mais amplo, provenientes de uma agricultura altamente tecnificada, voltada para a exportação e que faz uso da irrigação, o que vai ocasionar a ascensão econômica de um pequeno segmento de produtores rurais. Para esses empresários, a água não representa um fator limitante, o que mostra que a seca não é um fenômeno limitante para a região, ao contrário, serve de redenção para uma classe política privilegiada, que se promove à custa do fenômeno natural.

## **6 MECANISMOS DE GESTÃO DA ÁGUA NO SEMI-ÁRIDO**

Afora a certeza do fenômeno cíclico das secas, seus desdobramentos posteriores podem ser creditados a uma construção social realizada, através de uma série de ações cotidianas. Este conjunto de ações tem contribuído largamente para a constatação de que os malefícios presentes no seio da sociedade do Nordeste Semi-árido não decorrem de problemas unilaterais.

Partindo dessa premissa, Rebouças (1997, p. 127) explica que:

Nessas condições, a avaliação do problema da água de uma dada região já não pode se restringir ao simples balanço entre oferta e demanda. Deve abranger também os inter-relacionamentos entre os seus recursos hídricos com as demais peculiaridades geoambientais e sócio-culturais, tendo em vista alcançar e garantir a qualidade de vida da sociedade, a qualidade do desenvolvimento socioeconômico e a conservação das suas reservas de capital ecológico.

A visão equivocada da abundância da água está, hoje, visivelmente em declínio. Aos pouco e progressivamente vai surgindo um nível de conscientização que, de forma alguma brota de qualquer política governamental. Isso mostra que o hábito de consumir a água com racionalidade, mormente em áreas de grande deficiência hídrica, a exemplo do Nordeste Semi-árido deve está ligado a práticas do cotidiano das pessoas, seja na agricultura, seja nas residências ou em qualquer esfera do processo produtivo, primando sempre pela eficiência.

Nesse sentido, J. Bau, 1991, citado por Velasco (1991) assegura que ações simples como a captação de água da chuva, reusar a água de qualidade inferior para tarefas menos nobres, utilizar equipamentos que poupam água, ou uma ação de âmbito maior -, caso do manejo de uma bacia hidrográfica, tudo isso representa o uso eficiente de água e podem ser consideradas ações educativas e conservacionistas.

Baracuchy et al. (2007) e Rebouças (2001) preconizam que a solução para atenuar os impactos advindos dos baixos níveis de precipitação reside no manejo integrado dos recursos, por meio de uma série de ações que vão desde a conscientização, passando por diagnósticos e prognósticos, até a implementação de obras de conservação e correção em uma unidade natural.

A participação da sociedade é, portanto, a maior ação no sentido de uma maior racionalidade no uso eficiente da água, num contexto de escassez se encontra ao alcance de todos os indivíduos que dela se servem, mas não deve fugir a responsabilidade das instituições de fiscalização e controle, com vistas a atingir os mesmos fins. Dessa forma, para adequar a disponibilidade da água existente ao desenvolvimento de comunidades do semi-árido, instituições públicas e parceiros devem se unir com a criação de um sistema que possa prover o uso eficiente dos recursos, em suas diferentes etapas.

Nesse contexto, segundo Rebouças (1996), a avaliação do problema da água de uma dada região já não pode se restringir ao simples balanço entre oferta e demanda. Deve abranger também os inter-relacionamentos entre os seus recursos

hídricos com as demais peculiaridades geoambientais e sócio-culturais, tendo em vista alcançar e garantir a qualidade de vida da sociedade, a qualidade do desenvolvimento socioeconômico e a conservação das suas reservas de capital ecológico.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, fica evidente que a principal agravante da pobreza da população do semi-árido brasileiro não é o fenômeno das secas, que embora seja uma realidade, seus efeitos são mais perceptíveis por uma parcela da população (a maioria), que não dispõe das condições mínimas para a existência humana: alimentação adequada, água de boa qualidade, emprego/renda, dentre outras, ou seja, a população que apresenta um nível de vulnerabilidade mais alto.

Por sua vez, é sobre essa população que se encontra o maior risco no que concerne a possibilidade de contrair doenças de veiculação hídrica, pois o modelo de saneamento ambiental brasileiro foi idealizado para atender as áreas urbanas, ficando a população rural, mesmo a que reside próximo aos grandes mananciais, dependente do consumo de água *in natura*, se expondo aos riscos e, muitas vezes, desprendendo muito esforço físico para ter acesso a uma pequena quantidade de água.

No âmbito dessa região, caracterizada nacionalmente como atrasada em vários aspectos, surge outro cenário, formado por áreas de agricultura intensiva, voltada à exportação, que não vê nos recursos hídricos um agravante para a produção agrícola, pois ao fazer uso da tecnologia os recursos hídricos locais deixam de se apresentar como empecilhos.

Por fim, a limitação que caracteriza os recursos hídricos no Nordeste semi-árido é no que se refere a necessidade de adoção de mecanismos de gestão adequada tanto dos recursos hídricos, através da adoção da bacia hidrográfica enquanto unidade de planejamento ambiental, quanto do potencial humano existente na região, que vem sendo preterido, ao longo de cinco séculos de colonização.

## 8 REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

\_\_\_\_\_. Sertões e sertanejos: uma geografia humana sofrida. **Estudos avançados**, v. 13, n. 36, p. 7-59, 1999.

\_\_\_\_\_. O domínio morfoclimático das Caatingas brasileiras. In: **Geomorfologia**. São Paulo: USP – Instituto de Geografia 1979.

ANDRADE, M. C. de. **A terra e o homem no Nordeste**. 7. ed. São Paulo: Cortez, 2005.

\_\_\_\_\_. **Nordeste: alternativas da agricultura**. Campinas: Papiros, 1988.

AMARAL, L. A. do; NADER FILHO, A.; ROSSI JÚNIOR, O. D.; FERREIRA, F. L. A.; BARROS, L. S. S. Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. São Paulo: **Revista de Saúde Pública**, v. 37, n. 4, 2003.

ANA – Agência Nacional de Águas. Ministério do Meio Ambiente do Brasil. Brasília, 2002. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br>>. Acesso em: 13 nov. 2007.

ASA – Articulação para o Semi-Árido. Disponível em: <<http://www.asabrasil.org.br/>>. Acesso em: 08 jun. 2007.

BARACUHY, J. G. V.; FARIAS, S. A. R.; DANTAS NETO; LIMA, V. L. A.; FURTADO, D. A.; ROCHA, J. S. M.; PEREIRA, J. P. G. **Técnicas agrícolas para contenção de solo e água**. Campina Grande: Impressos Adilson, 2007.

CLARKE, R.; KING, J. **O Atlas da água: o mapeamento completo do recurso mais precioso do Planeta**. São Paulo: Publifolha, 2005, 128 p.

DUARTE, Renato. **Dois modelos de convivência do produtor rural com o ambiente do semi-árido nordestino**. Fundação Joaquim Nabuco, Recife, 2001. Disponível em: <<http://www.fundaj.gov.br/tpd>>. Acesso em: 12 set. 2007.

Embrapa, EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÀRA. Semi-árido. Uso de rejeitos como insumo produtivo. Disponível em: <<http://www.cpatsa.embrapa.br/noticias/>>. Acesso em: 10 set. 2007.

GALIZONI, Flávia Maria. **Águas da vida**: população rural, cultura e água em Minas. Tese (Doutorado) 198p. – Campinas-SP, 2005.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 1990**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 5 abr. 2005.

LACERDA, Marta A. Dantas de, e LACERDA, Rogério Dantas de. O Cluster da fruticultura no Pólo Petrolina/Juazeiro. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 4, n. 1. Campina Grande, 2004.

LIMA, P. J. de; HECKENDORFF, W. D. Climatologia. In: Governo do Estado da Paraíba; Secretaria de Educação; Universidade Federal da Paraíba: **Atlas Geográfico do Estado da Paraíba**. João Pessoa: Grafset, p. 34-43, 1985.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia**: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Texto, 2007.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL – Governo do Brasil. Cartilha Nova Delimitação do Semi-árido, Brasília, 2005. Disponível em: <<http://www.integracao.gov.br>>. Acesso em: 18 de fev. 2008.

PADILHA, José Artur. "**Base zero**: mudança de paradigma na produção agro ambiental nos trópicos secos". Brasília: 1998, 19 p.

REBOUÇAS, A. da C. Água e desenvolvimento rural. **Estudos Avançados**, 15 (43) 2001.

\_\_\_\_\_. Água na região Nordeste: desperdício e escassez. **Estudos Avançados**, 11 (29), 1997.

\_\_\_\_\_. A transposição do rio São Francisco sob o prisma do desenvolvimento sustentável. 4. Reunião Especial da SBPC, **Anais...**, p. 79-84, 1996.

SELBORNE, L. **A ética do uso da água doce**: um levantamento. Brasília: UNESCO, 2001.

SOARES, Tales Miler. **Utilização de águas salobras no cultivo de alface em sistemas hidropônicos NFT como alternativa agrícola condizente ao Semi-árido brasileiro**. Tese (Doutorado) 267 p. Piracicaba, 2007.

SILVA, W.L.C. Irrigação para a produção de alimentos no semi-árido brasileiro. EMBRAPA-CPATSA. Brasília, 4ª Reunião Especial da SBPC, **Anais...**, p103-105, 1996.

SOUZA, L. Carlos S.; LARIA, S. T.; PAIM, G. V.; LOPES, C. A. M. Bactérias, coliformes totais e coliformes de origem fecal em águas usadas na dessedentação de animais. São Paulo: **Revista de Saúde Pública**, v. 17, 1988, p. 112-122;

SUASSUNA, J. **Semi-árido**: proposta de convivência com a seca. Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer, 2002, 13 p.

VELASCO, H. G. **Uso eficiente da água**: um enfoque multidimensional. Seminário Internacional Sobre o Uso Eficiente da Água. Cidade do México, 1991.

## **CAPÍTULO 4**

### **USO EFICIENTE DA ÁGUA EM INDÚSTRIAS**

Maria de Fátima Nóbrega Barbosa

**Doutoranda do Programa de Pós-Graduação  
em Recursos Naturais/Universidade Federal  
de Campina Grande, PB/BRASIL**

Antônio Gláucio de Sousa Gomes

**Mestrando do Programa de Pós-Graduação  
em Recursos Naturais/Universidade Federal  
de Campina Grande, PB/BRASIL**

José Dantas Neto

**Professor Dr. em Agronomia  
UNESP/SP/BRASIL**

#### **1 INTRODUÇÃO**

A escassez de água representa um problema de extrema importância no sentido de ser tema de discussão, em fóruns nacionais e internacionais, das possíveis alternativas para solucionar e/ou minimizar essa problemática, seja em nível local, regional e até global. A escassez de água atinge regiões de todo o planeta, dessa forma, torna-se imprescindível que qualquer experiência relativa ao uso eficiente desse nobre recurso natural seja levada a outras regiões como forma de disseminar e até conscientizar outras nações da importância de se preservar a qualidade desse bem, que outrora se pensou tratar-se de um recurso infinito.

Levando em consideração essa preocupação, o texto ora em apreciação tem por escopo abordar aspectos conceituais e práticos do uso eficiente da água ligado ao setor industrial. Assim, num primeiro momento serão feitas explanações sobre alguns aspectos conceituais e técnicos do uso eficiente da água em indústrias, posteriormente serão apresentadas algumas experiências de indústrias brasileiras

que implantaram sistemas de uso eficiente de água em seus processos produtivos com resultados sustentáveis.

## **2 USO EFICIENTE DA ÁGUA: CONCEITOS**

As discussões em relação ao uso eficiente da água tem gerado muitas visões sobre a dimensão do que representa para diferentes correntes do pensamento o que venha a ser o uso eficiente desse recurso. Dessa forma, antes de abordar o uso eficiente da água na indústria, necessário se faz tecer algumas considerações acerca de alguns conceitos do que seja o uso eficiente da água tomando como referência alguns autores que em momentos oportunos teceram comentários sobre o tema em comento.

Os conceitos a seguir foram extraídos das discussões travadas em outubro de 1991 na Cidade do México, quando profissionais de áreas e países diversos se reuniram para a realização de um Seminário Internacional sobre o uso eficiente da água, tendo como resultado desse encontro a Declaração do México sobre os rumos que deveriam ser dispensados a água para o benefício de todos.

As conceituações a seguir foram organizadas de acordo com Velasco (1991) e podem ser explanadas da seguinte forma.

Para J. Bau (1991, p.1) o uso eficiente da água implica ações como:

Captar água da chuva em recipientes para usos domésticos ou construir uma represa; recarregar um aquífero ou usar água de menor qualidade para preservar água de boa qualidade; reduzir a demanda de água mediante o melhoramento dos hábitos pessoais, a redução dos desperdícios e o pagamento de tarifas adequadas; aproveitar o desenvolvimento da tecnologia e das técnicas de administração da água; coordenar o manejo dos recursos hidráulicos com o da terra e os aspectos econômicos e sociais; ou promover normas e regulações.

Pelo exposto percebe-se tratar de um conceito ampliado para o uso eficiente da água, uma vez que aborda várias dimensões, como a tecnológica, a social, a econômica, a política.

Outros autores, porém, apresentam uma conceituação mais direcionada para um aspecto específico como a de Walker, Richardson e Sevebeck (1991) que

afirmam que o uso eficiente da água está ligado ao seu melhor aproveitamento no sentido de garantir maior eficiência em seu uso.

Por sua vez, Arreguín (1991) diz que o uso eficiente representa otimizar o uso da água, bem como de sua infra-estrutura com a participação forte dos usuários atrelado ao princípio da equidade social.

Para S. Gloss (1991) atingir o uso eficiente implica atingir várias dimensões, tais como: uma *eficiência absoluta*, que significa levar em consideração a menor quantidade de água necessária a um determinado uso; uma *eficiência econômica* significando utilizar-se da água com os maiores benefícios econômicos; uma *eficiência social* que tem por escopo levar seus benefícios a um maior número de usuários numa comunidade; uma *eficiência ecológica*, tendo como prioridade assegurar a conservação dos recursos naturais; uma *eficiência institucional*, dando poderes a uma instituição para gerenciar as tarefas relacionadas ao uso da água.

Este conceito ganha expressividade, uma vez que aborda várias perspectivas, especialmente a social, econômica, institucional e ecológica que futuramente vão estar expressas nos princípios que irão nortear a Agenda 21, documento que resultou da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro, Brasil, em 1992 onde foram discutidas as ações que deveriam ser colocadas em prática por autoridades governamentais em todo o mundo no sentido de se alcançar o desenvolvimento sustentável.

As recomendações gerais extraídas desse evento apontaram algumas medidas que devem ser levadas em consideração no sentido de se utilizar a água de forma eficiente. Em relação ao aspecto técnico, as recomendações foram no sentido de se normalizar e certificar a qualidade dos materiais, bem como as equipes utilizadas nos sistemas hidráulicos; no aspecto administrativo a recomendação foi no sentido de descentralização das instituições que cuidam dos serviços de abastecimento da água; no aspecto social a diretiva é no sentido de promover o acordo entre usuários e instituições de governo como forma de propiciar a participação organizada dos usuários visando o ressarcimento dos custos de forma equitativa entre esses atores sociais.

Especificamente para o setor industrial as recomendações foram: “desenvolver e implantar processos industriais que consumam menos água e

reduzam a demanda de energia; cobrar o custo real do abastecimento de água; induzir as indústrias a que tratem e reciclem seus efluentes” (VELASCO, 1991, p. 3).

### 3 O USO EFICIENTE DA ÁGUA: DISCUTINDO ALGUNS PRINCÍPIOS

Segue considerações sobre alguns princípios do uso eficiente da água tomando como referência Tate (1991) in Versalo (1991). Falar de princípios do uso eficiente da água implica discutir algumas dimensões que necessitam serem levadas em consideração quando realmente se quer alcançar a eficiência no uso desse bem tão precioso para a humanidade. As dimensões envolvidas no sentido de se alcançar a esperada eficiência seriam: as dimensões físicas; as dimensões econômicas; as dimensões sociais; as dimensões tecnológicas; as dimensões do meio ambiente; as dimensões valorativas. Segue considerações sobre cada uma dessas dimensões de acordo com o autor supracitado.

**As dimensões físicas da água** fala sobre os parâmetros que estão inseridos no ciclo do uso da água em toda atividade, quais sejam: o *uso bruto da água*, que seria a quantidade total de água utilizada para concluir uma determinada atividade, por sua vez, é composto por dois parâmetros, o *influxo* e a *recirculação*, sendo o primeiro formado pela quantidade de água nova usada para a operação e a recirculação significa a quantidade de água utilizada anteriormente na atividade; a *descarga*, seria a quantidade de água que é possível sair da atividade ou processo e por fim o *consumo*, sendo representado pela quantidade de água consumida durante o processo.

**As dimensões econômicas** conforme Tate (1991) representam fatores de fundamental importância no que se refere ao uso da água, bem como de sua eficiência. Esse autor faz referência aos economistas no sentido de aclarar que os fatores de produção: terra, trabalho e capital encontram-se inseridos em todas as atividades de produção, sendo dessa forma apropriados em discussões que falam da eficiência do uso da água, uma vez que os mesmos se combinam para a produção de produtos de consumo, sendo que esse arranjo vai depender de seu preço relativo, sendo que esse preço vai depender da eficiência presente no modo como esses fatores foram combinados. Dessa forma, a busca por um preço

acessível implica por incentivar ao uso eficiente dos recursos naturais que encontram-se inseridos no fator terra, em especial a água como elemento fundamental na produção dos bens.

**As dimensões sociais** encontram-se representadas pelos efeitos dos gostos e das preferências sociais; dos efeitos da educação pública; alguns dos efeitos dos arranjos legais; os efeitos dos direitos de propriedade; os efeitos das políticas de governo. Segue considerações sobre cada uma dessas dimensões.

Os gostos e as preferências sociais estão ligados à cultura de uma região no sentido de se utilizar a água de forma abundante. Por exemplo, algumas regiões desenvolvidas do planeta para garantir uma jardinagem sempre verde, esbanjam água, mesmo apresentando escassez desse recurso. Entretanto, em regiões mais áridas, essa forma tradicional da prevalência da grama verde nos jardins tem sido substituída pela jardinagem ornamental e xerófitica, essa mudança de atitude implica em economia no uso da água.

A educação pública é de extrema importância no sentido de fazer com que se aceite a eficiência no uso da água sem resistências. Faz-se necessário que o conteúdo relativo aos recursos hidráulicos já esteja inserido no ensino formal, dessa forma é natural a incorporação pelos alunos. Nesse caso o autor também faz referência aos benefícios econômicos que podem ser alcançados quando se tem por objetivo o uso eficiente da água, uma vez que essa atitude pode se refletir em tarifas menores, por exemplo.

Os sistemas legais também representam uma forma de se alcançar uma eficiência no uso dos recursos hídricos. Segundo o autor grande parte dos países se utilizam de sistemas de códigos de construção, onde fixam normas mínimas que devem ser observadas em construções novas ou de renovação. É importante frisar que estas normas, quando necessário, devem ser modificadas no sentido de se promover o uso eficiente da água.

Quanto aos direitos de propriedade o autor sinaliza no sentido de evidenciar que a propriedade privada em relação aos recursos hídricos se sobrepõe como forma de permitir a utilização racional do uso da água.

**As dimensões tecnológicas** representam um aspecto fundamental a ser levado em consideração quando do uso eficiente da água. O avanço da tecnologia tem propiciado a expansão dos recursos disponíveis, a exemplo do incremento da produção de alimentos em espaços restritos. O autor através de uma análise da

demanda e da oferta em relação a utilização dos recursos, conclui que a demanda tem se reprimido devido ao desenvolvimento tecnológico, diminuindo assim nossa dependência em relação a utilização de recursos específicos para objetivos específicos como a utilização da madeira para construir edifícios e barcos, uma vez que existe uma abundância de materiais para serem utilizados para um mesmo fim. Essa variedade de materiais contribui para práticas de preços menores, que por sua vez devem estar atreladas a minimização de custos, que por sua vez gera eficiência no processo produtivo, que acabarão por se traduzir um uso eficiente na utilização dos recursos hídricos.

As discussões em relação às **dimensões do meio ambiente** chama a atenção para o fato de que a quantidade e a qualidade da água devem estar intimamente relacionadas, uma vez que qualquer decisão tomada para a obtenção de eficiência no uso da água pode trazer implicações sobre a qualidade da água e vice-versa. Assim, os critérios para se alcançar uma eficiência no uso da água devem estar diretamente relacionados com a sua respectiva qualidade, isso pode levar a uma sustentabilidade desse recurso no longo prazo. [Grifos nossos].

Em relação às dimensões avaliativas da eficiência no uso da água estas devem pautar-se por critérios de avaliação técnica; avaliação econômica; avaliação financeira e avaliação social-política-institucional. Dessa forma, tem-se uma visão ampliada do uso eficiente da água sob diversos aspectos, o que poderá contribuir para se atingir o princípio da equidade nos espaços geográficos onde se busca a eficiência para os recursos hídricos.

#### **4 ESTRATÉGIAS PARA O USO EFICIENTE DA ÁGUA**

Torres e Torres (2004, p. 27) chamam a atenção para algumas estratégias que poderiam ser adotadas no intuito de se atingir o uso eficiente da água, tais como:

Reciclar a água dentro do sistema (sobretudo na indústria); reutilização da água para um segundo uso como a rega ou a descarga de aparelhos sanitários; economizar a água estabelecendo um preço que pode influenciar a demanda ou através de campanhas educativas tendentes a diminuir o uso por parte dos usuários; emprego de critérios de eficiência e educação, para reduzir o desperdício por fugas, sistemas de baixa eficiência ou negligência dos usuários.

O autor recomenda que para se alcançar resultados mais satisfatórios essas estratégias devem ser implementadas de forma combinada, bem como deve levar também em consideração alguns elementos chaves que irão nortear sua implementação. Segue quadro explanando as atividades necessárias para se colocar em prática as respectivas estratégias.

Estudar os usos e as demandas potenciais em função das condições culturais, sociais e modos de produção.
Incorporar e desenvolver estratégias de produção mais limpa nos diferentes setores de usuários da água.
Medição e controle dos consumos.
Medição e controle das perdas de água.
Construção de cenários para os sistemas de água segundo as demandas futuras de água potável e água residual.
Estudar as descargas de águas residuais pelos usuários.
Estudar a reutilização da água residual ou seu impacto ambiental sobre a descarga ou fontes superficiais.
Investigar a provisão de equipes e instrumentos para a arrecadação e armazenamento de informações sobre a situação da água nos sistemas.
Investigar as necessidades de capacitação formal e não formal para o fortalecimento de capacidades no uso eficiente da água.
Prover informação atualizada e de boa qualidade aos diferentes setores de usuários.
Estimar economicamente os benefícios e seu impacto nas inversões e a eficiência das empresas prestadoras de serviços.

**QUADRO 6 – ELEMENTOS CHAVE PARA DESENVOLVER ESTRATÉGIAS PARA O USO EFICIENTE DA ÁGUA.**

Fonte: Adaptado de Gestão Sustentável dos Recursos Hídricos (1999) In: Torres e Torres (2004, p. 27).

## 5 USO EFICIENTE DA ÁGUA NA INDÚSTRIA

A indústria, através das atividades desenvolvidas em seu interior, representa um setor de atividade grande usuário de água. Dessa forma, carece estar atento aos meios disponíveis para se utilizar de forma eficiente esse recurso natural.

De acordo com Arreguín-Cortés (1994) os usos da água na indústria podem ser divididos em um dos grupos a seguir: transferência de calor, geração de energia e aplicação a processos. Segue comentários de cada um desses grupos com base no autor supracitado.

### **Transferência de Calor**

É apropriada em processos de aquecimento ou esfriamento. Para o aquecimento, em geral se utiliza a geração de vapor através de caldeiras que aplicam a combustão de carbono, petróleo, gás ou produtos de resíduo. Em relação ao esfriamento se utiliza a circulação de água através de torres ou tanques de esfriamento.

### **Geração de Energia**

Em sua grande maioria a geração de energia tem origem, em muitos países, em plantas termoelétricas que utilizam o vapor d'água com o propósito de mover turbinas adaptadas a geradores.

### **Aplicação a Processos**

Os processos produtivos, em sua maior parte, são grandes usuários de água. Dentre alguns desses processos podem ser referenciados os de transporte de materiais onde são utilizados tubos ou canais para o seu transporte. As indústrias que mais se utilizam desse sistema são as de papel e celulose, as enlatadoras de alimentos, as carboníferas e os engenhos açucareiros.

O autor em comento também faz menção as técnicas que podem ser aplicadas como forma de se obter o uso eficiente da água no setor indústrias, quais sejam: recirculação, reúso e a redução do consumo. Para os três casos são imprescindíveis que sejam cumpridas as ações de medição e o monitoramento da qualidade da água. Veja considerações a seguir de cada uma dessas técnicas.

### **Recirculação**

É uma técnica que apresenta por objetivo a utilização da água no processo onde inicialmente se usou. Frequentemente quando a água é utilizada pela primeira vez desencadeia mudanças em suas características físicas e químicas, e dessa forma pode demandar alguma modalidade de tratamento. Assim, torna-se fundamental ter conhecimento da qualidade requerida em todo processo produtivo, bem como o grau de degradação de sua qualidade e finalmente o tratamento apropriado.

A recirculação pode ser utilizada em esfriamento de equipes que geram calor; em processos de lavagem com o intuito de retirar resíduos ou elementos

contaminantes dos produtos ou equipes fabricantes; nos processos de transporte de materiais e na fabricação de papel.

### **Reuso**

É uma técnica em que o efluente de um processo, com ou sem tratamento, é aproveitado em outro processo que demanda qualidade diferenciada de água. Assim, é importante saber qual a qualidade requerida em cada processo antes de se utilizar essa técnica, bem como, determinar qual seria o tratamento mínimo exigido e definir os meios de transporte da água. Pesquisas apontam que as águas de reuso de engenhos açucareiros são apropriadas para lavagem de pisos, sistema de esfriamento, serviços sanitários e rega agrícola, desde que sejam observados os seguintes critérios:

O tratamento dos efluentes dos sistemas de geração de vácuo e de processos da destilaria; reatores anaeróbios de fluxo ascendente, de sedimentação primária e secundária e de biodiscos; o tratamento dos efluentes de serviços sanitários e outros processos por meio de lagoas de oxidação e o esfriamento dos efluentes do processo de condensação de vapor. (ROMERO; GONZÁLEZ, 1990, p. 44, In: ARREGUÍN-CORTÉS).

### **Redução do consumo**

Pode ser obtida através de várias ações, dentre as quais podem ser elencadas: otimização dos processos, melhoramento da operação ou modificação das equipes ou a modificação de atitude dos usuários da água.

No que se refere às indústrias, atitudes simples e continuadas podem fazer grande diferença na utilização racional da água. Entre as medidas mais usuais, algumas seriam: plantar espécies nativas nos locais onde se instalam as indústrias; utilizar-se de rega noturna; eliminação de fugas nos serviços sanitários, bem como a utilização de redutores de fluxo em privadas; o uso de regadeiras de baixo consumo.

Brown e Caldwell (1990) In: Arreguín-Cortés chamam a atenção para o fato de que o desenvolvimento de um programa de uso eficiente de água numa indústria exige a participação de todos que fazem parte da empresa. Essa é uma condição de extrema importância a ser observada.

Dentre as técnicas explanadas anteriormente o reúso de água tem se destacado como uma forma apropriada nos programas de uso eficiente de água em muitas indústrias brasileiras. Dessa forma serão feitas considerações adicionais

sobre essa técnica no sentido de se alcançar uma visão mais detalhada dos elementos que lhes dão sustentação.

Questões como: O que é o reúso de água? Quais os tipos de reúso? Quais as principais alternativas para o reúso de água na indústria? Qual o potencial de reúso na indústria brasileira? Quais as diretrizes legais no Brasil sobre o reúso de água? Responder esses questionamentos representa uma forma de se alcançar uma visão abrangente de aspectos que necessitam serem levados em consideração pelas indústrias quando se deseje implantar essa técnica em suas unidades produtivas.

Para Lavrador Filho (1987, p. 25) In: Brega Filho e Mancuso (2003) reúso “é o aproveitamento de águas previamente utilizadas, uma ou mais vezes, em alguma atividade humana, para suprir as necessidades de outros usos benéficos, inclusive o original”.

Brega Filho e Mancuso (2003, p. 23) fazem alusão ao conceito da Organização Mundial da Saúde (1973) quando diferenciam entre reúso indireto, reúso direto e reciclagem interna.

*Reúso indireto*: ocorre quando a água já usada, uma ou mais vezes para uso doméstico ou industrial, é descarregada nas águas superficiais ou subterrâneas e utilizada novamente a jusante, de forma diluída; *reúso direto*: é o uso planejado e deliberado de esgotos tratados para certas finalidades como irrigação, uso industrial, recarga de aquífero e água potável; *reciclagem interna*: é o reúso da água internamente às instalações industriais, tendo como objetivo a economia de água e o controle da poluição.

Os autores acima ainda fazem referência a Cecil no sentido de evidenciar que reciclagem não é sinônimo de reúso, embora represente um tipo especial de reúso em que recupera os esgotos gerados por um uso no sentido de servir ao mesmo uso.

Plínio Tomaz (2001) In: Silva et al. (2003, p. 42) afirma que “o reúso de água é subentendido como o aproveitamento dos esgotos sanitários tratados”.

A literatura sobre os tipos de reúso é bastante extensa. Brega Filho (2003) expõem a classificação adotada por Westerhoff (1984) e que também tem sido utilizada pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES). Segue considerações acerca dessa tipologia tomando por base as referências acima.

### Reúso potável

Pode ser dividido em direto e indireto. O direto ocorre no momento em que o esgoto recuperado através de um tratamento avançado é diretamente reutilizado no sistema de água potável. O indireto se dá quando o esgoto depois que é tratado é jogado nas águas superficiais ou subterrâneas passando pelas etapas de diluição, purificação natural, sendo posteriormente captado, tratado e por fim utilizado como água potável.

### Reúso não potável

O reúso não potável pode ser utilizado para fins agrícolas (o objetivo maior é a irrigação de plantas alimentícias); para fins industriais (usos de refrigeração, águas de processo, utilização em caldeiras, dentre outros); para fins recreacionais (irrigação de plantas ornamentais, parques, jardins, dentre outros); para fins domésticos (água para ser utilizada em regas de jardins residenciais, descargas sanitárias, etc.); para manutenção de vazões (tem por escopo permitir o uso planejado de efluentes tratados com o intuito de prevenir a poluição); para aquicultura (tem por propósito conseguir alimentos e/ou energia através dos nutrientes que encontram-se nos efluentes tratados) e para recarga de aquíferos subterrâneos com efluentes tratados.

De acordo com Mierzwa (2002) vários especialistas apontam como opções mais usuais para o reúso da água na indústria as indicadas no quadro a seguir.

REFERÊNCIA	INDICAÇÃO DE USO
ASANO, 1991	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Refrigeração;</li> <li>• Alimentação de caldeiras;</li> <li>• Água de Processo;</li> <li>• Construção pesada.</li> </ul>
CROOK, 1996	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todas citadas em ASANO, 1991</li> <li>• Lavador de gases.</li> </ul>
HESPANHOL, 1997	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todas citadas em ASANO, 1991;</li> <li>• Lavagem de pisos e peças;</li> <li>• Irrigação de áreas verdes.</li> </ul>
BEECKMAN, 1998	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todas citadas em ASANO, 1991.</li> </ul>
MUJERIEGO e ASANO, 1999	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todas citadas em ASANO, 1991</li> </ul>

**QUADRO 7 – PRINCIPAIS OPÇÕES PARA REÚSO DE ÁGUA NA INDÚSTRIA.**

Fonte: Mierzwa (2002, p. 137).

Em relação às possibilidades de reúso macroexterno (reúso efetuado por meio de companhias municipais ou estaduais de saneamento) em indústrias brasileiras, Hespanhol (2003) enumera as seguintes possibilidades viáveis: torres de resfriamento; caldeiras; lavagem de peças e equipamentos, especialmente nas indústrias mecânica e metalúrgica; irrigação de áreas verdes de instalações industriais, lavagem de pisos e veículos; processos industriais.

Quanto ao reúso macrointerno, a própria conjuntura brasileira atual, que apresenta custos altos em relação às águas industriais, aliado aos novos instrumentos de outorga e cobrança, exigidos por lei, quando da utilização dos recursos hídricos são aspectos extremamente motivadores para que as indústrias passem a adotar em seu gerenciamento práticas de racionalização da água através do reúso interno em seus processos produtivos.

O autor faz referência ainda ao reúso interno específico que significa “a reciclagem de efluentes de quaisquer processos industriais, nos próprios processos nos quais são gerados, ou em outros processos que se desenvolvem em seqüência e que suportam qualidade compatível com o efluente em consideração”. (HESPANHOL, 2003, p. 49-50).

Parafraseando o autor o reúso interno específico é apropriado, entre outros processos, em atividades de pintura em indústrias automobilísticas e de eletrodomésticos, onde as águas utilizadas para as lavagens intermediárias podem ser recicladas no próprio processo de lavagem, logo após o tratamento específico.

Considerando-se a legislação brasileira em relação ao reúso de água Fink e Santos (2003) fazem alusão a algumas leis que estão intrinsecamente ligadas ao reúso de água, vejamos a seguir.

A Lei n 6.938/81 da Política Nacional do Meio Ambiente que ao tratar dos princípios norteadores das ações governamentais estabelece em seu Art. 2 “incentivos ao estudo e pesquisa de tecnologias orientadas para o uso nacional e a proteção dos recursos ambientais” e no seu Art. 9 “racionalização do uso da água”;

No Art. 2 da Lei n. 9.433/97, inciso II, o reúso da água fica caracterizado quando se enuncia nesse inciso “a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável” como sendo um dos objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos.

Ainda no Art. 7 desta lei, quando discorre sobre os Planos de Recursos Hídricos estabelece que seus programas e projetos terão, entre outros aspectos, o seguinte conteúdo mínimo: inciso IV – metas de racionalização de uso, aumento da quantidade e melhoria da qualidade dos recursos hídricos disponíveis. No Art. 19 que trata da cobrança pelo uso de recursos hídricos, onde no inciso II se enuncia incentivar a racionalização do uso da água como sendo um dos objetivos da cobrança de água.

Pode-se ainda encontrar relações do reúso com as leis quando da classificação das águas pela Resolução Conama n. 20 de 1986, art. 1, I. Para os autores citados anteriormente, esta resolução quando da classificação das águas, não só indica mas também define os usos preponderantes e traz subjacente o reúso indireto. Ao definir a destinação das águas de Classe 1, Classe 2, Classe 3 e Classe 4 sinaliza para o reúso indireto, entre outros, nos seguintes casos: águas destinadas ao abastecimento doméstico após tratamento simplificado (reúso potável indireto – Águas de Classe 1); abastecimento doméstico, após tratamento convencional (reúso potável indireto – Águas de Classe 2); ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional (reúso potável indireto – Águas de Classe 3); águas destinadas à navegação; à harmonia paisagística; aos usos menos exigentes (Águas de Classe 4).

## **6 EXPERIÊNCIAS DO USO EFICIENTE DA ÁGUA EM INDÚSTRIAS BRASILEIRAS**

Segue considerações sobre algumas experiências satisfatórias relativas ao uso eficiente da água em indústrias brasileiras.

## 6.1 O USO RACIONAL E O REÚSO COMO FERRAMENTAS PARA O GERENCIAMENTO DE ÁGUAS E EFLUENTES NA INDÚSTRIA: ESTUDO DE CASO DA KODAK BRASILEIRA

O trabalho em alusão é uma tese apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, tendo por autoria José Carlos Mierzwa sob a orientação de Ivanildo Hespanhol.

Os objetivos do trabalho foram:

Demonstrar que os conceitos de uso racional e de reúso de água devem ser utilizados como ferramentas básicas em programas de gerenciamento de águas e efluentes na indústria; Avaliar e apresentar estratégias que visem a otimização do uso da água e possibilitem a adoção da prática do reúso; Identificar e apresentar as limitações associadas à prática de reúso de efluentes tratados. (MIERZWA, 2002, i).

Nessa tese foi apresentado um modelo para o gerenciamento de águas e efluentes nas indústrias, onde o autor mostra a importância de se considerar em sua estrutura elementos legais, técnicos e econômicos, assim como aspectos que digam respeito ao tratamento e descarte de efluentes no meio ambiente, porém, dando ênfase a técnica do reúso como uma alternativa a ser observada visando a racionalização do uso da água. Segue considerações sobre o modelo tomando por base (MIERZWA, 2002).

De acordo com o autor supracitado o modelo precisa estar estruturado levando em consideração os seguintes parâmetros básicos: a disponibilidade hídrica da região; a legislação existente sobre o controle ambiental, bem como ao gerenciamento dos recursos naturais; as atividades industriais desenvolvidas; informações sobre a quantidade e a qualidade das águas necessárias para o desenvolvimento das atividades industriais; considerações sobre a prevenção da poluição; considerações sobre a identificação, quantificação e caracterização dos efluentes gerados; aspectos relacionados ao reúso de água; como realizar o monitoramento e o controle dos efluentes a serem dispostos no meio ambiente e finalmente o modelo precisa levar em conta considerações sobre sua viabilidade econômica. Segue breve comentário dos parâmetros desse modelo tomando como referência o autor supracitado.

### **Disponibilidade hídrica**

Representa um dos aspectos de extrema importância a ser considerado quando da instalação de uma indústria, uma vez que as indústrias necessitam de água em quantidade e qualidade para o desenvolvimento de suas atividades. O autor chama a atenção para o fato de que a disponibilidade hídrica não é constante, uma vez que mudanças climáticas na região aliadas as formas de ocupação e utilização do solo podem trazer problemas de escassez no local, podendo até inviabilizar o funcionamento da indústria. É preciso ficar atento a esses aspectos.

### **Legislação**

Para o autor em comento a indústria que tenha como prioridade de sua gestão o uso eficiente da água, precisa levar em consideração as seguintes normas legais: aquelas que cuidam da gestão dos recursos hídricos; normas relativas ao controle da qualidade dos recursos hídricos; normas que digam respeito ao controle da poluição do meio ambiente e em algumas situações, precisa também observar os regulamentos previstos pelas empresas ligadas ao abastecimento de água e a coleta e tratamento de efluentes, desde que estas empresas lhes prestem os respectivos serviços. As principais leis federais a serem observadas seriam: a Lei n. 6.803/80 que dispõe sobre o zoneamento industrial, nas áreas críticas de poluição; a Lei n. 6.938/81 da Política Nacional do Meio Ambiente; a Lei 9.433/97 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos; a Lei 9.605/98 que dispõe sobre os crimes ambientais; Resolução Conama n. 20/86 que trata da classificação da água em todo o território nacional; Resolução Conama n. 01/86 que determina a realização do Estudo de Impacto Ambiental (EIA), bem como a elaboração do Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), além de observar as legislações estaduais relativas ao estado membro onde se encontram inseridas as respectivas indústrias.

### **Atividades industriais desenvolvidas**

O conhecimento das atividades industriais quando da aplicação de um modelo para racionalização do uso da água torna-se de extrema importância, uma vez que essas informações irão dar os subsídios necessários para a tomada de decisão em relação aos direcionamentos futuros que a empresa precisa seguir no sentido de se utilizar de forma eficiente o recurso água. Dentre as informações mais prementes, estariam: localização dos principais pontos de consumo, quantidade e

qualidade necessária a cada processo e os pontos de geração dos efluentes. Essas informações poderiam ser extraídas da literatura existente sobre o processo que se queira pesquisar; informações retiradas da própria documentação da empresa objeto de estudo e visitas de campo como o escopo de verificar a veracidade e possíveis alterações desses dados.

### **Necessidade de água para a indústria**

Representa um aspecto que irá depender do ramo de atividade industrial, bem como da capacidade de produção. Mierzwa (2002) faz referência à Nordell (1961), Shereve, Brink Jr. (1980), Nalco (1988) e Silva, Simões (1999) como forma de enunciar os principais usos da água na indústria, quais sejam: a água pode ser utilizada como matéria-prima; como fluido auxiliar; para geração de energia; como fluido de aquecimento e/ou resfriamento e transporte e assimilação de efluentes. Vale salientar que para cada um desses usos a água precisa estar com a qualidade apropriada. Assim, a água de reúso deve estar em conformidade com as exigências de qualidade envolvidas no processo em questão.

### **Técnicas de tratamento de água para uso industrial**

É outro parâmetro importantíssimo a se considerar quando da operacionalização de um modelo para gerenciamento de águas e efluentes na indústria. Como explanado anteriormente a qualidade da água é diferenciada para cada processo específico, assim exige-se um tratamento de água mais rigoroso para aqueles processos que necessitam de uma qualidade de água mais exigente. As principais técnicas de tratamento de água quando se considera os contaminantes que se deseja remover, seriam: microfiltração, osmose reversa, troca iônica e ultrafiltração. Quando se considera a concentração de sais dissolvidos, as principais técnicas são: destilação, osmose reversa, eletrodialise e troca iônica. O autor desse modelo chama a atenção para o fato de que um sistema de tratamento de água eficiente para a indústria irá depender dos seguintes aspectos:

Experiência profissional da equipe de projeto; conhecimento dos processos industriais a serem desenvolvidos; qualidade da água disponível; qualificação dos operadores; procedimentos de operação e manutenção dos sistemas; custos dos equipamentos e de operação. (MIERZWA, 2002, p. 117).

### **Prevenção da poluição**

As diversas atividades humanas, em especial, as atividades industriais têm contribuído para a degradação do meio ambiente de diversas formas e em graus variados. Cumprir apenas o que determina a lei em relação a não degradação do meio ambiente não tem sido uma atitude das mais racionais no momento atual, pois vivemos numa sociedade com um grau de urbanização e crescimento populacional em expansão, o que contribui para acelerar a utilização cada vez mais dos recursos naturais, principalmente o uso da água. Assim, a prevenção da poluição surge como uma opção viável para que as empresas dispensem ao meio ambiente o cuidado que ele merece, bem como estejam isentas de quaisquer responsabilidades e infrações legais que possam vir a cometer contra o meio ambiente. Mierzwa (2002, p. 121-123) traz como referência (PHIPPS, 1995), para enunciar os principais benefícios e barreiras ligados aos programas de prevenção da poluição, tais como: “a redução de custos; a redução da responsabilidade legal; a melhoria da imagem corporativa e a melhoria da segurança dos trabalhadores”. As principais barreiras seriam:

Cultura corporativa e normas institucionais; dificuldades para identificação de oportunidades de prevenção da poluição; custo; falta de ferramentas e metodologia de avaliação; externalidades; falta de planejamento a longo prazo e tomada de decisão; expectativa dos consumidores.

### **Identificação, quantificação e caracterização de efluentes gerados na indústria**

Essas etapas são de extrema importância no sentido de se observar oportunidades para prevenção da poluição, além do mais, ajuda na definição dos meios necessários para a correta captação, condução e tratamento dos variados tipos de efluentes que possam estar sendo produzidos pela indústria. Para a identificação dos efluentes, recomenda-se: análise pormenorizada dos processos envolvidos na atividade, através da análise dos documentos existentes; visitas *in loco*, assim como a utilização das ferramentas recomendadas em programas de Prevenção de Poluição e Gestão Ambiental.

### **Reúso de água**

Como falado anteriormente representa uma técnica de fundamental importância a ser utilizada como forma de mitigar a escassez de água, que está cada vez mais presente em diversas regiões do Brasil e do mundo, de um modo geral.

### **Monitoramento e controle dos efluentes**

O autor recomenda que seja realizado através das normas de gestão ambiental ou pelas já utilizadas para os programas de prevenção da poluição e se a empresa já implantou um Sistema de Gestão Ambiental ISO 14001, suas normas devem ser integradas ao Modelo de Gerenciamento de Águas e Efluentes.

### **Viabilidade Econômica**

Como qualquer investimento que se queira colocar em funcionamento, a implantação de um Modelo de Gerenciamento de Águas e Efluentes também demanda recursos e essa consideração precisa estar inserida nos itens que compõem os elementos do projeto. O autor desse modelo faz alusão as principais atividades envolvidas no modelo e que irão demandar recursos, quais sejam:

Mão de obra para a avaliação inicial das atividades desenvolvidas na indústria; recursos humanos materiais e financeiros para a elaboração do diagnóstico referente ao uso da água e geração de efluentes; realização de ensaios de laboratório e testes de campo para a verificação da eficiência das alternativas propostas; recursos financeiros para a implantação de alterações de projeto e procedimentos (MIERZWA, 2002, p. 142).

O estudo concluiu que a utilização racional da água, bem como o reúso representam ferramentas básicas e de extrema importância em programas de gerenciamento de águas e efluentes na indústria. O autor alerta ainda que é necessário estar atento as limitações técnicas ou econômicas que possam estar vinculadas as estas ferramentas, apesar dos resultados satisfatórios encontrados no caso das mesmas virem a serem implantadas na Kodak brasileira.

Padula Filho (2003) e Grull et al. (2003) in: Mancuso e Santos (2003) apresentam alguns projetos e estudos de casos realizados no Brasil sobre sistemas de reúso de água que apresentaram bons resultados. Segue resumo desses

projetos e estudos como forma de referenciar a experiência brasileira no sentido de usar a água de forma eficiente.

## 6.2 PROJETO REALIZADO NA ESTAÇÃO JESUS NETTO EM SÃO PAULO

É uma estação de tratamento de esgotos que fica localizada às margens do rio Tamandateí em São Paulo (Brasil), ocupa uma área de 12.300 m<sup>2</sup> e trata 60 ℓ/s de esgotos sanitários através de dois sistemas de tratamento em paralelo, quais sejam: lodos ativados e reator anaeróbio de fluxo ascendente (RAFA).

Esta estação fornece 20 ℓ/s de água tratada para ser reutilizada pela Indústria Coats Corrente. Vale salientar que esta indústria faz parte do programa de Reúso de Água da Sabesp.

A água de reúso é utilizada nessa indústria para: beneficiamento de fios; mercerização; alvejamento; tingimento e lavagem de fios.

O reúso de água nessa indústria tem sido uma experiência positiva, sendo que a mesma já ampliou o mesmo para a produção de novas linhas e outras atividades industriais.

## 6.3 REÚSO DE ÁGUA EM LAVANDERIA DE ROUPAS HOSPITALARES

Esse projeto foi desenvolvido na região metropolitana de São Paulo e apresenta o reúso de água que ocorre em uma lavanderia que opera com roupas hospitalares oriundas de várias instituições.

O estudo apresenta como objetivo principal reduzir a necessidade de água a ser captada e determinar os meios mais apropriados para a reciclagem interna ao processo de lavagem, com vistas ao reúso dos efluentes tratados.

O sistema de tratamento ora utilizado pela lavanderia podem ser elencados da seguinte forma: peneiramento, resfriamento, coagulação, floculação e sedimentação.

No sentido de se poder utilizar o reúso dos seus efluentes, a lavanderia precisou realizar os seguintes testes de tratabilidade em laboratório: remoção de felpas, medição de vazão e homogeneização; pré-cloração no ponto de ruptura; condicionamento de pH; mistura rápida e coagulação; mistura lenta e floculação; sedimentação; ozonização; filtração; separação por membranas; desinfecção por radiações ultravioleta.

Os resultados desses testes mostraram-se significativos e promoveram mudanças nos processos e operações da empresa que passou a obter reciclagens localizadas em seu processo, redundando posteriormente na implantação desse projeto de reúso dos seus efluentes.

## **7 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A escassez de água no Brasil e no mundo representa um problema de grande magnitude. O homem necessita de água em quantidade e qualidade para a realização das mais diversas atividades necessárias a sua sobrevivência. Assim, é oportuno que governos, empresas, comunidades, enfim, toda a sociedade de forma organizada estejam empenhados em ações que promovam a utilização da água de forma eficiente.

Nesse trabalho foi dada ênfase ao reúso de água na indústria como forma de mostrar como esse segmento de atividade humana pode contribuir através dessa técnica para uma utilização racional desse nobre recurso imprescindível para a sobrevivência do homem no planeta.

Atualmente, a busca por um mundo sustentável faz parte da agenda política de muitas regiões do planeta. Na prática, porém, muitos desses projetos tem ficado no meio do caminho. Falta atitude, por parte daqueles que estão a frente das políticas públicas de colocarem em andamento as ações necessárias ao desenvolvimento dessas políticas. A educação ambiental obrigatória nas escolas desde a educação de base seria uma, dentre outras ações, que poderiam contribuir na formação de uma consciência ambiental sólida no sentido de preservação não só dos recursos hídricos, mas dos recursos naturais de um modo geral.

As experiências e estudos mostrados nesse trabalho são uma forma de incentivo para que as indústrias, de um modo geral, percebam o quão é importante reutilizar a água utilizada em seus processos produtivos, gerando vantagens competitivas para a empresa e ao mesmo tempo contribuindo para a sustentabilidade do planeta no longo prazo.

## 8 REFERÊNCIAS

BREGA FILHO, Darcy. Conceito de reúso de água. In: MANCUSO, Pedro Caetano Sanches; SANTOS, Hilton Felício dos. **Reúso de água**. Barueri, SP: Manole, 2003.

FINK, Daniel Roberto; SANTOS, Hilton Felício. A legislação do reúso de água. In: MANCUSO, Pedro Caetano Sanches; SANTOS, Hilton Felício dos. **Reúso de água**. Barueri, SP: Manole, 2003.

GARDUÑO, Héctor; ARREGUÍN-CORTÉS, Felipe. **Uso eficiente del agua**. México, 1994.

GRULL, Doron et al. Reúso de água em lavanderia de roupas hospitalares. In: MANCUSO, Pedro Caetano Sanches; SANTOS, Hilton Felício dos. **Reúso de água**. Barueri, SP: Manole, 2003.

HESPANHOL, Ivanildo. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos. In: MANCUSO, Pedro Caetano Sanches; SANTOS, Hilton Felício dos. **Reúso de Água**. Barueri, SP: Manole, 2003.

MANCUSO, Pedro Caetano Sanches; SANTOS, Hilton Felício dos. **Reúso de água**. Barueri, SP: Manole, 2003.

MIERZWA, José Carlos. **O uso racional e o reúso como ferramenta para o gerenciamento de águas e efluentes na indústria**: estudo de caso da Kodak brasileira. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2002.

PADULA FILHO, Hélio. Estação experimental Jesus Netto, da Sabesp. In: MANCUSO, Pedro Caetano Sanches; SANTOS, Hilton Felício dos. **Reúso de água**. Barueri, SP: Manole, 2003.

TORRES, Luis Darío Sánchez; TORRES, Arlex Sánchez. **Uso Eficiente del agua**. IRC Internacional Water and Sanitation Centre, 2004.

SILVA, Ana Karla P. et al. **Reúso de água e suas implicações jurídicas**. São Paulo: Navegar Editora, 2003.

## **CAPÍTULO 5**

### **REUSO DA ÁGUA NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO**

Péricles Tadeu da Costa Bezerra

**Mestrando do Programa de Pós-Graduação  
em Recursos Naturais/Universidade Federal  
de Campina Grande, PB/BRASIL  
pericles.bezerra@univasf.edu.br**

Romildo Morant de Holanda

**Doutorando do Programa de Pós-Graduação  
em Recursos Naturais/Universidade Federal  
de Campina Grande, PB/BRASIL  
romildo.morant@univasf.edu.br**

#### **1 INTRODUÇÃO**

A indústria da construção Civil é responsável por 15% dos empregos gerados no Brasil e também consome algo em torno de 60% dos recursos naturais não renováveis do planeta. Com a necessidade de crescer e demonstrar um desenvolvimento o homem vem conseguindo destruir uma boa parcela dos recursos naturais não renováveis. Ao vermos uma obra da construção civil, não vemos o que foi consumido em recursos naturais e o pior, não vemos também o que foi feito com os resíduos da obra e onde foram descartados.

Um dos grandes problemas das Prefeituras Municipais são as limpezas de galerias e de terrenos baldios, principalmente no período de chuvas, pois de um simples e divino fenômeno natural, a chuva, podemos ver grandes catástrofes naturais potencializadas pelo descarte irresponsável dos resíduos da construção e da demolição. Além, de em outras situações concorrerem para a proliferação de doenças e demais impactos como a contaminação do solo, das águas e do ar.

Diante das constantes interferências nos sistemas ambientais e seus impactos como o consumo de recursos naturais não renováveis, obstrução de

canais, galerias e cursos d'água, disposição inadequada de resíduos da construção, excesso de ruído e poeiras proveniente dos processos de produção da matéria prima, da construção e da demolição; e, o descarte inadequado de resíduos da construção em áreas destinadas a lixo urbano. Vimos aqui nos debruçar sobre um problema para todo o planeta, como intervir no controle e no uso racional da água na indústria da construção civil, focando a etapa da produção das obras, na elaboração dos projetos e na utilização pelo usuário final.

## **2 CONSTRUÇÃO CIVIL – CARACTERIZAÇÃO DO SETOR**

O setor de construção civil, em especial, tem sido foco constante de críticas da mídia especializada com relação aos desperdícios de matéria-prima e insumos. Segundo a CEF (2001), estima-se que o setor seja responsável por cerca de 40% dos resíduos gerados na economia. Este número é altamente significativo, pois grande parte da matéria-prima utilizada nos processos de construção de empreendimentos urbanos é de origem não-renovável, como é o caso dos recursos minerais.

Neste contexto, a busca pela otimização dos materiais utilizados pelo setor é de fundamental importância. A implementação de ações efetivas voltadas para a redução do impacto ambiental representam a possibilidade de se atenuar o atual quadro de degradação ambiental presente tanto em países desenvolvidos, como em países em desenvolvimento.

Conforme Tibor (1996), a chave para a prevenção de resíduos é a integração bem-sucedida das questões ambientais, das operações e da estratégia do negócio. A prevenção reduz custos, diminui o uso de material e energia, enquanto os controles de final dos processos apenas buscam atender os parâmetros legais de controle de poluição, geralmente com custos elevados de manutenção dos equipamentos, bem como de assistência técnica e disposição final de resíduos perigosos.

Vale salientar que a função social da construção civil é propiciar ambiente construído adequado para quase totalidade das atividades humanas, da produção industrial até o lazer. Representando 15,5% do PIB nacional (CONSTRUBUSINESS,

2003) a cadeia da construção civil tem efeitos decisivos sobre o meio ambiente, seja pelo consumo de energia, água e até mesmo pela geração de resíduos.

A cadeia da construção civil, assim como as demais cadeias industriais, estão estruturadas em torno de uma cadeia de produção linear, que extrai recursos naturais, processa, gera bens de uso e dispensa os resíduos de produção e pós-uso em aterros.

O desafio do desenvolvimento sustentável é mudar o paradigma de produção industrial para um modelo de produção de ciclo fechado, onde os resíduos são reciclados, incorporando-se ao processo produtivo.

O "reuso" da água reduz a demanda sobre os mananciais de água devido à substituição da água potável por uma água de qualidade inferior. Essa prática, atualmente muito discutida, posta em evidência e já utilizada em alguns países é baseada no conceito de substituição de mananciais. Tal substituição é possível em função da qualidade requerida para um uso específico. Dessa forma, grandes volumes de água potável podem ser poupados pelo reuso quando se utiliza água de qualidade inferior (geralmente efluentes pós-tratados) para atendimento das finalidades que podem prescindir desse recurso dentro dos padrões de potabilidade.

Como se observa, qualquer empreendimento da construção civil, como nas indústrias em geral, passa pelas fases de CONCEPÇÃO, PRODUÇÃO E USO. Na fase de concepção as idéias do empreendimento tomam forma. São feitos os projetos arquitetônico e complementares, bem como a programação da obra, com atenção especial aos elementos: prazo, custo, recursos e tecnologia utilizada.

A fase de produção tem por objetivo a condução eficiente da construção e dos insumos utilizados, dentro do prazo, custo e padrão de qualidade preestabelecido pela fase de concepção.

Por sua vez, a etapa USO corresponde a fase de longa duração do ciclo pois refere-se a utilização da edificação pelo usuário. Esta etapa é quem fornece todas as informações imprescindíveis a retroalimentação do ciclo, para que a empresa tenha condições de fazer os ajustes necessários, não só nos seus futuros projetos, como também junto aos clientes, possibilitando, conseqüentemente, a melhoria contínua da empresa, e a capacidade de se firmar cada vez mais no ambiente competitivo em que vivemos.

Observamos que existe um descaso no que diz respeito ao controle e uso da água em empreendimentos, principalmente nas obras de construção de residências

e conjuntos habitacionais. Como geralmente os investidores não vão ser os usuários finais e terceira etapa a de uso fica para os usuários finais pagarem a conta. Mesmo com Medições individuais de conta d'água, ainda está longe do empreendedor/investidor estimular práticas de reutilização e reuso de água nesses projetos.

Não obstante, é também verificado que durante a construção o que vemos nos canteiros de obras são constantes vazamentos, uso em demasiado da água e nenhuma preocupação com o controle ou reuso da água. Nesta fase a água é tratada como um insumo que representa geralmente uma parcela insignificante do custo do empreendimento e o empresariado, a pesar de consciente, não foca no controle desse insumo.

## 2.1 REUSO DE ÁGUA

Focando a NBR-13.969/97 - ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS segue considerações acerca de aspectos relativos ao reuso de água, tais como: técnicas de reuso local; sistema de reservação e de distribuição; manual de operação e treinamento dos responsáveis; planejamento do sistema de reuso; volume de esgoto a ser reutilizado e grau de tratamento necessário.

### 2.1.1 Técnicas de Reuso Local (item 5.6 NBR 13.969 / 97)

O esgoto de origem essencialmente doméstica ou com características similares, o esgoto tratado deve ser reutilizado para fins que exigem qualidade de água não potável, mas sanitariamente segura, tais como, irrigação dos jardins, lavagem de pisos e dos veículos automotivos, na descarga dos vasos sanitários, na manutenção paisagísticas dos lagos e canais com água, na irrigação dos campos agrícolas, pastagens, etc.

Na CONSTRUÇÃO CIVIL - pode abranger desde a simples recirculação de água de enxágüe da máquina de lavagem, com ou sem tratamento aos vasos

sanitários, até uma remoção em alto nível de poluentes para lavagens de carros. Frequentemente, o reuso é apenas uma extensão do tratamento de esgotos, sem investimentos adicionais elevados, assim como nem todo o volume de esgoto gerado deve ser tratado para ser reutilizado.

#### 2.1.2 Planejamento do Sistema de Reuso (item 5.6.1 NBR 13.969/97)

O reuso local de esgoto deve ser planejado de modo a permitir seu uso seguro e racional para minimizar o custo de implantação e de operação.

Para tanto, devem ser definidos:

- a) os usos previstos para esgoto tratado;
- b) volume de esgoto a ser reutilizado;
- c) grau de tratamento necessário;
- d) sistema de reservação e de distribuição;
- e) manual de operação e treinamento dos responsáveis.

#### 2.1.3 Os Usos Previstos para o Esgoto Tratado (item 5.6.2 NBR 13.969 / 97)

Devem ser considerados todos os usos que o usuário precisar, tais como lavagens de pisos, calçadas, irrigação de jardins e pomares, manutenção das água nos canais e lagos dos jardins, nas descargas dos banheiros, etc.

#### 2.1.4 Volume de Esgoto a ser Reutilizado (item 5.6.3 NBR 13.969 / 97)

Os usos definidos para todas as áreas devem ser quantificados para obtenção do volume total final a ser reusado. Para tanto, devem ser estimados os volumes para cada tipo de reuso, considerando as condições locais (clima,

freqüência de lavagem e de irrigação, volume de água para descarga dos vasos sanitários, sazonalidade de reuso, etc.).

#### 2.1.5 Grau de Tratamento Necessários (item 5.6.4 NBR 13.969 / 97)

O grau de tratamento para uso múltiplo de esgoto tratado é definido, regra geral, pelo uso mais restritivo quanto à qualidade de esgoto tratado. No entanto, conforme o volume estimado para cada um dos usos, podem-se prever graus progressivos de tratamento (por exemplo, se o volume destinado para uso com menor exigência for expressivo, não haveria necessidade de se submeter todo volume de esgoto a ser reutilizado ao máximo grau de tratamento, mas apenas uma parte, reduzindo-se o custo de implantação e operação), desde que houvesse sistemas distintos de reservação e de distribuição.

Nos casos simples de reuso menos exigentes (por exemplo, descarga de vasos sanitários) pode-se prever o uso da água de enxágüe das máquinas de lavar, apenas desinfetando, reservando aquelas águas e recirculando ao vaso, em vez de enviá-las para o sistema de esgoto para posterior tratamento.

Em termos gerais, podem ser definidos as seguintes classificações e respectivos valores de parâmetros para esgotos, conforme o reuso:

**Classe 1** – Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador incluindo chafarizes:

- turbidez - inferior a 5;
- coliforme fecal – inferior a 200 NMP/100ml;
- sólidos dissolvidos totais inferior a 200 mg/l;
- pH entre 6.0 e 8.0;
- cloro residual entre 0,5 mg/l e 1,5 mg/l.

Nesse nível, serão geralmente necessários tratamentos aeróbios (filtro aeróbio submerso ou LAB) seguidos por filtração convencional (areia e carvão ativado) e, finalmente, cloração.

Pode-se substituir a filtração convencional por membrana filtrante.

**Classe 2** – Lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes:

- turbidez - inferior a 5;
- coliforme fecal – inferior a 500 NMP/100mℓ;
- cloro residual superior a 0,5 mg/ℓ.

Nesse nível é satisfatório um tratamento biológico aeróbio (filtro aeróbio submerso ou LAB) seguido de filtração de areia e desinfecção.

Pode-se também substituir a filtração por membranas filtrantes.

**Classe 3** – Reuso nas descargas dos vasos sanitários:

- turbidez - inferior a 10;
- coliforme fecal – inferior a 500 NMP/100mℓ;

Normalmente, as águas de enxágüe das máquinas de lavar roupas satisfazem a este padrão, sendo necessário apenas uma cloração. Para casos gerais, um tratamento aeróbio seguido de filtração e desinfecção satisfaz a este padrão.

**Classe 4** – Reuso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual.

- coliforme fecal – inferior a 5.000 NMP/100mℓ;
- oxigênio dissolvido acima de 2,0 mg/ℓ.

As aplicações devem ser interrompidas pelo menos 10 dias antes da colheita.

### 2.1.6 Sistema de Reservação e de Distribuição (item 5.6.5 NBR 13.969/97)

O reuso local de esgoto seguro e racional tem com base um sistema de reservação e de distribuição. Ao mesmo tempo, todo o sistema de reservação e de distribuição para reuso deve ser identificado de modo claro e inconfundível para não ocorrer uso errôneo ou mistura com o sistema de água potável ou outros fins.

Devem ser observados os seguintes aspectos referentes ao sistema:

- a) Todo o sistema de reservação deve ser dimensionado para atender pelo menos 2:00 horas de uso de água no pico da demanda diária, exceto para uso na irrigação da área agrícola ou pastoril;
- b) Todo o sistema de reservação e de distribuição do esgoto a ser reutilizado deve ser claramente identificado, através de placas de advertência nos locais estratégicos e nas torneiras, além do emprego de cores nas tubulações e nos tanques de reservação distintas das de água potável;
- c) Quando houver usos múltiplos de reuso com qualidades distintas, deve-se optar pela reservação distinta das águas, com clara identificação das classes de qualidades nos reservatórios e nos sistemas de distribuição;
- d) No caso de reuso direto das águas da máquina de lavar roupas para uso na descarga dos vasos sanitários, deve-se prever a reservação do volume total da água de enxágüe;
- e) O sistema de reservação para aplicação nas culturas cujas demandas pela água não são constantes durante o seu ciclo deve prever uma preservação ou área alternada destinada ao uso da água sobressalente na fase de menor demanda.

### 2.1.7 Manual de Operação e Treinamento dos Responsáveis (item 5.6.6 NBR 13969/97)

Todos os gerenciadores dos sistemas de reuso, principalmente aqueles que envolvem condomínios residenciais ou comerciais com grande número de pessoas voltadas para a manutenção de infra-estruturas básicas, devem indicar o responsável pela manutenção e operação do sistema de reuso de esgoto. Para tanto, o responsável pelo planejamento e projeto deve fornecer manuais do sistema de reuso, contendo figuras e especificações técnicas quanto ao sistema de tratamento, reservação e distribuição, procedimentos para operação correta, além de treinamento adequado aos responsáveis pela operação.

### 2.1.8 Amostragem para Análise do Desempenho e do Monitoramento (item 6 NBR 13.969/97)

Todos os processos de tratamento e disposição final de esgotos devem ser submetidos a avaliação periódica do desempenho, tanto para determinar o grau de poluição causado pelo sistema de tratamento implantado como para avaliação do sistema implantado em si, para efeitos de garantia do processo oferecido pelo fornecedor. Esta avaliação deve ser mais freqüente e minuciosa nas áreas consideradas sensíveis do ponto de vista de proteção de mananciais.

Todas as amostras coletadas devem ser imediatamente preservadas e analisadas de acordo com os procedimentos descritos no "Standard Methods for Examination of Water Wastewater" na sua última edição.

## 2.2 PROBLEMÁTICA NO BRASIL

No Brasil, a prática do uso de esgotos - principalmente para a irrigação de hortaliças e de algumas culturas forrageiras - é de certa forma difundida. Entretanto,

constitui-se em um procedimento não institucionalizado e tem se desenvolvido até agora sem nenhuma forma de planejamento ou controle. Na maioria das vezes é totalmente inconsciente por parte do usuário, que utiliza águas altamente poluídas de córregos e rios adjacentes para irrigação de hortaliças e outros vegetais, ignorando que esteja exercendo uma prática danosa à saúde pública dos consumidores e provocando impactos ambientais negativos.

Em termos de reuso industrial, a prática começa a se implementar, mas ainda associada a iniciativas isoladas, a maioria das quais, dentro do setor privado.

A lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, em seu Capítulo II, Artigo 20, Inciso 1, estabelece, entre os objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos, a necessidade de “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos”. Verificou-se, por intermédio dos Planos Diretores de Recursos Hídricos de bacias hidrográficas - em levantamento realizado a fim de se conhecer mais profundamente a realidade nas diversas bacias hidrográficas brasileiras - que há a identificação de problemas relativamente à questão de saneamento básico, coleta e tratamento de esgotos e propostas para a implementação de planos de saneamento básico. Entretanto, não se consegue identificar atividades de reuso de água utilizando efluentes pós-tratados per sei. Isso deve-se ao fato, talvez, do ainda relativo desconhecimento dessa tecnologia e por motivos de ordem sócio-cultural.

Mesmo assim, considerando que já existe atividade de reuso de água com fins agrícolas em certas regiões do Brasil, a qual é exercida de maneira informal e sem as salvaguardas ambientais e de saúde pública adequadas, torna-se necessário institucionalizar, regulamentar e promover o setor através da criação de estruturas de gestão, preparação de legislação, disseminação de informação, e do desenvolvimento de tecnologias compatíveis com as nossas condições técnicas, culturais e socioeconômicas.

As considerações feitas em relação a este item tomaram por referência dados disponíveis em: <<http://www.reusodeagua.hpg.com.br>> e <<http://www.ana.gov.br>>. Acesso em: 10 dez. 2007.

## 2.3 CONSUMO DE ÁGUA NOS CANTEIROS

No Trabalho de pesquisa desenvolvido pelo Departamento de Engenharia de Construção Civil e Urbana – Escola Politécnica – Universidade de São Paulo, Brasil (<http://www.revistasustentabilidade.com.br/sustentabilidade/artigos/consumo-de-agua-nos-canteiros/>) os pesquisadores afirmam que a preocupação com a escassez de água acirrou-se apenas no final do século 20, quando as modificações climáticas passaram a preocupar os cientistas. A partir daí alguns setores produtivos adotaram medidas visando à racionalização no consumo de água. Na Construção Civil não foi diferente, e as primeiras ações sobre a necessidade de construções com menor impacto sobre o meio ambiente iniciaram-se, surgindo investigações para diminuir o consumo na fabricação de materiais e na construção de prédios e, mesmo, para melhorar a gestão dos resíduos.

No Brasil há iniciativas interessantes; como por exemplo, a criação em agosto de 2007, do CBCS – Conselho Brasileiro de Construção Sustentável, que tem como um dos objetivos, otimizar o uso dos recursos naturais. Entretanto, as iniciativas ainda são muito tímidas, tendo em vista que o Brasil é o país com a maior disponibilidade de água do planeta, cerca de 12% da água potável do globo.

## 2.4 DEMANDA POR ÁGUA NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS

Na construção de edifícios, como em outros tipos de obras, a água é um elemento importante, sendo essencial para o consumo humano e indispensável na execução de alguns serviços.

No canteiro de obras a utilização da água para as necessidades humanas está relacionada, basicamente, às demandas essenciais dos funcionários do canteiro e estas são preservadas de acordo com a legislação trabalhista.

Em linhas gerais, estima-se que o consumo diário por operário não alojado chega a 45 litros por dia, não estando inclusa a refeição. No caso da refeição ser preparada na obra, este número passa para 65 litros por dia.

Já nos serviços de construção civil, embora a água não seja vista e nem tratada como material de construção, o consumo é bastante elevado, por exemplo, para a confecção de um metro cúbico de concreto, gasta-se em média de 160 a 200 litros e, na compactação de um metro cúbico de aterro, podem ser consumidos até 300 litros de água.

## 2.5 MEDIDAS PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA NAS OBRAS

Com base na pesquisa desenvolvida pelo Departamento de Engenharia de Construção Civil e Urbana – Escola Politécnica – Universidade de São Paulo, Brasil (<http://www.revistasustentabilidade.com.br/sustentabilidade/artigos/consumo-de-agua-nos-canteiros/>) os pesquisadores atestam a relevância do consumo de água na construção de empreendimentos apontam para a necessidade de se implantar Programas para Economia de Água nos Canteiros este poderia prever diversas ações, visando à redução do consumo de água nos canteiros de obra, tais como: utilização de torneiras com acionamento e desligamento automático; instalação de temporizadores nos chuveiros, determinando o tempo de banho; utilização de água da chuva para descargas, limpeza da obra e etc; estudos para utilização de fontes alternativas de água para consumo em serviços de construção civil. Por exemplo, utilização de água da chuva na cura do concreto ou dosagem de argamassas; palestras para conscientização dos funcionários, com relação à fonte finita de recursos naturais; acompanhamento mensal dos consumos e medidas para redução dos mesmos.

A economia de água nos canteiros deve estar fundamentada na sustentabilidade, entretanto os fatores econômicos ajudam a impulsionar esta necessidade, já que o “boom” da construção civil certamente elevará a demanda de água e, com a baixa oferta do insumo, o custo da água tende a aumentar cada vez mais, elevando ainda mais o custo total do empreendimento.

### 3 CONCLUSÕES

- Uma das principais vantagens da implantação de um Programa de Uso Racional da Água na Construção Civil é a sua abrangência. A Construção Civil está presente em diversos setores e é responsável por grande parcela do PIB no Brasil.
- O Estado necessita criar instrumentos de combate ao desperdício e a obrigatoriedade de utilizar % de Reuso de água na fase de construção e na fase de operação dos empreendimentos;
- O Estado necessita monitorar e punir, em caso de transgressão, os crimes ambientais; como faz nos casos de vazamento de óleo, em particular o desperdício de água tratada e excessos cometidos na fase de produção do empreendimento;
- Instrumento econômico baseado nos quantitativo de consumos;
- Exigir plano de uso e reuso de águas;
- Contemplar nos projetos públicos a obrigatoriedade do Reuso de água;
- Sobretaxar a água tratada descartada e/ou usada em excesso.

### 4 REFERÊNCIAS

ALTHEMAN, D., ZORDAN, S. E. PAULON, V. A. A durabilidade de concretos com agregados de entulho reciclado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 45, 2003, Vitória. **Anais... [CD-ROM]** Vitória: Instituto Brasileiro do Concreto, 2003. 14p.

ÂNGULO, S. C. **Variabilidade de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados.** Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - SP, 2000. 155p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Resíduos sólidos - classificação:** NBR 10.004, Rio de Janeiro, 1987.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução n. 307-2006:** Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, Brasília 5 de julho/2006.

CONSTRUÇÃO MERCADO: Gestão de Resíduos – Agora é Lei: **PINI**. São Paulo, n. 44, mar./2005.

FERRAZ, A. L. N.; SEGANTINI, A. A. S. Estudo da aplicação de resíduos de construção civil na fabricação de tijolos de solo-cimento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 46, 2004, Florianópolis. **Anais... [CD-ROM]** Florianópolis: Instituto Brasileiro do Concreto, 2004. 17p.

HOLANDA, R. M. **PCP na indústria da construção civil – Estudo de caso na ICC/SE**, Mestrado, UFPB, 2000, João Pessoa-PB.

JOHN, V. M; AGOPYAN, A. Reciclagem de resíduos da construção. In: SEMINÁRIO RECICLAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS, 2000, São Paulo. **Anais ...** São Paulo: Escola Politécnica-USP, 2000. 13 p.

JOHN, V. M. **Reciclagem de Resíduos na construção Civil-contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - SP, 2000. 113p.

LIMA, F. B; BARBOZA, A. S. R; BARBOSA, A. H. Estudo de argamassa de assentamento confeccionada com agregados provenientes de reciclagem de resíduos de construção modificadas pela adição de látex de estireno-butadieno. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 45, 2003, Vitória. **Anais... [CD-ROM]** Vitória: Instituto Brasileiro do Concreto, 2003. 16p.

MENDES, T. M.; MORRALES, G.; CARBONARI, G. Estudo sobre a utilização de agregado reciclado de concreto na produção de concreto estrutural. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 46, 2004, Florianópolis. **Anais... [CD-ROM]** Florianópolis: Instituto Brasileiro do Concreto, 2004. 13p.

MOREIRA, M; BERNARDES, S. **Planejamento e controle da produção para empresas de construção civil**. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003. 190 p.

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - SP, 1999. 300p.

SCHNEIDER, D.M. **Deposição irregulares de resíduos da construção civil na cidade de São Paulo**. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo - SP, 2003. 131p.

SOUSA, J.G.G.; BAUER, E.; SPOSTO, R.M. Empleo de resíduos de la construcción civil como áridos reciclados: producción de bloques de hormigón. **Materiales de Construcción**, Argentina, 2003.

TÉCHNE. Gestão de Resíduos: **PINI**. São Paulo, n. 82, jan./2004.

TÉCHNE. Construção Responsável: **PINI**. São Paulo, n. 91, out./2004.

ZORDAN, S.E., Entulho da construção civil. **Resíduo de construção e demolição**, São Paulo, 2005. Disponível em <<http://www.reciclagem.pcc.usp.br/artigos1.htm>>. Acesso em: 22 maio 2005.

## 5 ANEXO

### ATIVIDADES RELACIONADAS À DIVULGAÇÃO DA PESQUISA

- **Resíduos Sólidos na Construção Civil:** Palestra proferida na ASSEA - Associação dos Engenheiros, Arquitetos e Agrônomos do Vale do São Francisco em 14/02/2006, pela Profa. MSc. Sayonara Maria de Moraes Pinheiro;
- **Resíduos Sólidos da Construção Civil: Um Diagnóstico da Região de Petrolina-PE e Juazeiro-BA:** Publicação de resumo expandido nos Anais do II Simpósio de Engenharia de Produção do Vale do São em 08/Junho/2006, autores: PEREIRA JÚNIOR, Mário Sólton; PINHEIRO, Sayonara Maria Moraes; SOUSA José Getúlio Gomes; PEREIRA, Paulo José; SANTIAGO, Alvany Maria dos Santos;
- **Resíduos Sólidos da Construção Civil: Um Diagnóstico da Região de Petrolina-PE e Juazeiro-BA:** Apresentação do pôster no II Simpósio de Engenharia de Produção do Vale do São em 08/Junho/2006, pelo aluno de iniciação científica Mário Solon Pereira Júnior;
- **DIAGNÓSTICO DA GERAÇÃO E DESTINAÇÃO DE RESÍDUO SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NA REGIÃO DE PETROLINA (PE) E JUAZEIRO (BA): APRESENTAÇÃO DO PROJETO DE PESQUISA PARA OS ALUNOS DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIVASF, TURMA 2006.1 NA DISCIPLINA DE COMUNICAÇÃO, EM MAIO/2006;**
- **Diagnóstico da Geração e Destinação de Resíduo Sólidos da Construção Civil na Região de Petrolina (PE) e Juazeiro (BA):** Apresentação dos resultados parciais do Projeto de Pesquisa no 1º Seminário PIBIC/CNPq/UNIVASF em março/2006, pelo aluno Mário Sólton Pereira Júnior.