



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**Centro de Excelência em Turismo**

Pós-Graduação Lato Sensu  
Curso de Especialização em Tecnologia de Alimentos

**Patrícia Alexandra Klein Vital**

**APLICAÇÃO DE OSMOSE REVERSA NA PRODUÇÃO  
DE ÁGUAS ENVASADAS – UMA REVISÃO.**

**Brasília-DF**  
**Fevereiro/2007**



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**Centro de Excelência em Turismo**

Pós-Graduação Lato Sensu  
Curso de Especialização em Tecnologia de Alimentos

**Patrícia Alexandra Klein Vital**

**APLICAÇÃO DE OSMOSE REVERSA NA PRODUÇÃO  
DE ÁGUAS ENVASADAS – UMA REVISÃO.**

Monografia apresentada como requisito parcial á  
obtenção do título de especialista em Tecnologia  
de Alimentos, curso de Especialização em Tec-  
nologia de Alimentos, do Centro de Excelência.  
em Turismo da Universidade de Brasília.

Orientador: Prof<sup>o</sup>. Ms. Luiz Antônio Borgo

**Brasília-DF**  
**Fevereiro/2007**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**Centro de Excelência em Turismo**

**Patrícia Alexandra Klein Vital**

**APLICAÇÃO DE OSMOSE REVERSA NA PRODUÇÃO  
DE ÁGUAS ENVASADAS – UMA REVISÃO.**

Monografia apresentada como requisito parcial á  
obtenção do título de especialista em Tecnologia  
de Alimentos, curso de Especialização em Tec-  
nologia de Alimentos, do Centro de Excelência  
em Turismo da Universidade de Brasília.

Aprovada em: 06/03/07

---

Prof<sup>o</sup>. MSc. Luiz Antônio Borgo  
Vínculo Institucional  
Coordenador/Orientador

---

Prof<sup>o</sup>. MSc. Antônio José de Rezende  
Examinador

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Ângela Patrícia Santana  
Examinador

**Agradecimento**

Ao meu querido esposo Maurício Vital Costa.

## RESUMO

Com esse trabalho pretende-se expor a problemática da água no Brasil e no Mundo, bem como apresentar alternativas tecnológicas para a produção de águas envasadas sob o ponto de vista da saúde do consumidor. A água doce do mundo não está distribuída uniformemente pelo Globo, o que compromete desde questões ligadas à saúde até as ligadas à economia de uma nação. Além dessa distribuição não uniforme, o crescimento exponencial da população e o aumento das atividades de caráter poluidor comprometem o acesso da população a esse recurso tão essencial à vida. Outro problema essencial a ser resolvido, principalmente nos países em desenvolvimento, é o tratamento dos esgotos urbanos e industriais e o saneamento básico nas cidades como o único caminho para a conservação dos recursos hídricos e para evitar a veiculação de doenças pela água. Por todas essas questões levantadas, o consumo per capita de águas envasadas vem crescendo tanto no Brasil quanto no resto do mundo. Dessa maneira, as grandes empresas vêm ajustando seus parques industriais para oferecer aos mercados consumidores produtos com a mais alta qualidade e, dentro desse contexto, estão tecnologias como a da Osmose Reversa.

## ABSTRACT

With that work it intends to expose the problem of the water in Brazil and in the World, as well as to present technological alternatives for the production of waters under the point of view of the consumer's health. To fresh water of the world it is not distributed evenly by the Globe, what commits from linked subjects to the health until the linked ones to the economy of a nation. Besides that distribution no uniform, the exponential growth of the population and the increase of the activities of pollutant character commit the access of the population to such essential resource to the life. Another essential problem to be solved, mainly in the developing countries, it is the treatment of the urban and industrial sewers and the basic sanitation in the cities as the only road for the conservation of the liquid resources and to avoid the transmission of diseases for the water. For all those lifted up subjects, the per capita consumption of waters is growing in Brazil and in the rest of the world. Of that it sorts things out, the great companies are adjusting their industrial parks to offer to the markets consuming products with the highest quality and, inside of that context, they are technologies as the one of the Reverse Osmosis.

**LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

<b>Fig. 1: Distribuição Global da Água.....</b>	<b>2</b>
<b>Fig. 2: Distribuição da Água, da Superfície e da População.....</b>	<b>6</b>
<b>Fig. 3: Percentual comparativo entre os anos de 1989 e 2000 nos diferentes tipos de tratamento.....</b>	<b>7</b>
<b>Quadro.1: Padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano.....</b>	<b>13</b>
<b>Quadro. 2: Padrão de aceitação para consumo humano de massa.....</b>	<b>14</b>
<b>Quadro. 3: Consumo de água per capita/dia em diferentes regiões do globo.....</b>	<b>18</b>
<b>Fig. 4: Mercado de Bebidas no Brasil.....</b>	<b>26</b>
<b>Quadro. 4: Membranas utilizadas para o tratamento de água e esgoto.....</b>	<b>30</b>
<b>Fig. 5: Equipamento de Osmose Reversa.....</b>	<b>34</b>
<b>Fig. 6: Equipamento Industrial de Osmose Reversa.....</b>	<b>38</b>

## SUMÁRIO

<b>1 - INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1 - A QUESTÃO DA ÁGUA NO MUNDO.....	1
<b>2 – METODOLOGIA</b> .....	<b>5</b>
<b>3- REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>6</b>
3.1 - A QUESTÃO DA ÁGUA NO BRASIL .....	6
3.2 – A NORMATIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO .....	8
3.3 – A NORMATIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA NO BRASIL.....	9
3.4 - QUALIDADE DAS ÁGUAS NATURAIS.....	11
3.5 - SANEAMENTO E SAÚDE.....	12
3.6 – ALGUMAS VARIÁVEIS E SUA INFLUÊNCIA SOBRE A QUALIDADE E SAÚDE DO CONSUMIDOR.....	15
3.7 - O CONSUMO DE ÁGUAS ENVASADAS NO BRASIL E NO MUNDO .....	25
3.8 - MEMBRANAS FILTRANTES.....	27
3.9 - COMPATIBILIDADE DE TECNOLOGIAS DE MEMBRANAS COM A LEGISLAÇÃO DE QUALIDADE DE ÁGUA DOS EUA X BRASIL .....	28
3.10 - FUNDAMENTOS DA TECNOLOGIA DE MEMBRANAS .....	29
3.11 - CLASSIFICAÇÃO DE MEMBRANAS.....	29
3.12 - PRODUÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL COM MEMBRANAS DE MICROFILTRAÇÃO E ULTRAFILTRAÇÃO .....	30
3.13 - TECNOLOGIA DA OSMOSE REVERSA.....	31
3.14 - UTILIZAÇÃO DA OSMOSE REVERSA NA INDÚSTRIA DE ÁGUAS ENVASADAS.....	33
<b>4- CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>36</b>
<b>5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>39</b>

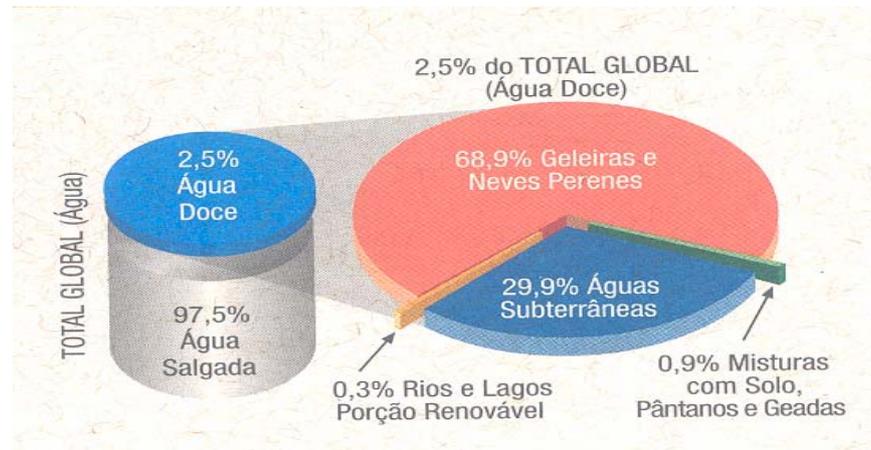
## 1 - INTRODUÇÃO

### 1.1 - A QUESTÃO DA ÁGUA NO MUNDO

A água é um elemento essencial à vida. É constituinte biológico dos seres vivos, meio de vida de várias espécies vegetais e animais, elemento representativo de valores sociais e culturais, e até fator de produção de vários bens de consumo final e intermediário. Já se foi o tempo em que se acreditava na abundância ilimitada da água e em sua inesgotável capacidade de renovação (COIMBRA *et al.*, 1999).

O crescimento populacional, aliado à intensificação das atividades de caráter poluidor, tem, em todo mundo, mostrado a ocorrência de problemas relacionados à falta desse recurso em condições adequadas de quantidade ou de qualidade para o atendimento das necessidades mais elementares das populações. A natureza finita da fonte renovável “recurso hídrico” contém um aspecto crítico, que deve ser analisado sob a ótica do crescimento populacional. São poucos os outros recursos essenciais à vida que estão restritos por limites de disponibilidades tão definidos quanto os recursos hídricos. Com a concentração populacional, a média de água renovável por habitante tende a diminuir, o que repercute sobre a saúde e os padrões de qualidade de vida. A garantia de acesso à água em quantidades suficientes e com qualidade adequada vem adquirindo cada vez mais contornos estratégicos de sobrevivência das nações (COIMBRA *et al.*, 1999).

A água doce não está distribuída uniformemente pelo globo e está relacionada com os diversos ecossistemas da Terra. Dependendo dos ecossistemas que compõem o território de um país, esse pode ter mais ou menos água disponível. Assim, países como o Japão, com 2,5% da população mundial, possui apenas 1% da água disponível no planeta; a China, com 25% da população mundial, possui 10% da água disponível; o Brasil, com 2,8% da população mundial, abriga 13,8% das reservas mundiais de água doce (MINISTÉRIO MEIO AMBIENTE - MMA, 2003).



**Fig. 1 – Distribuição Global da Água**  
**Fonte: MMA, 2003**

O consumo de água também apresenta bastante disparidade entre países e regiões do planeta. Se nos Estados Unidos o consumo médio residencial é de 400 litros por habitante/dia, alguns países da África apresentam consumo médio por habitante inferior a 15 litros/dia (MMA, 2003).

O aumento da população mundial, a poluição provocada pelas atividades humanas, o consumo excessivo e o alto grau de desperdício de água contribuem para reduzir ainda mais sua disponibilidade para uso humano. A população mundial aumentou em três vezes durante o século XX; no mesmo período, o volume de água utilizado aumentou nove vezes. Ou seja, o crescimento populacional e o consumo desenfreado tornam-se cada vez mais incompatíveis com a quantidade de água disponível (MMA, 2003).

Vastas regiões do globo são bastante conhecidas pela escassez de água (Oriente Médio, África Setentrional, parte da Ásia, o Nordeste Brasileiro, entre outras). A situação de escassez dessas e de outras regiões da Terra tende a se agravar nas próximas décadas. Segundo a ONU, nos próximos 25 anos, 2,7 bilhões de pessoas poderão viver em regiões de seca crônica. Em 2.025, um terço dos países poderá ter seu desenvolvimento freado pela falta de água (MMA, 2003).

A escassez de água, que é grave em diversas regiões, deve ser acrescida à questão da poluição concentrada e difusa de corpos hídricos. Contudo, graças a marcos regulatórios cada vez mais restritivos e a investimentos em estações de

tratamento d'água, países desenvolvidos têm melhorado gradativamente a qualidade de seus corpos hídricos. Isto, porém, não retrata que uma boa parcela das águas poluídas desses mesmos países ainda não são tratadas antes de descarregadas nos rios, lagos e oceanos. Nos países do sul da Europa Ocidental, mais de 50% das populações ainda não têm acesso às redes de esgotamento sanitário (FREITAS, 1999).

A situação é bem pior nos países em desenvolvimento. A escassez d'água tem sido intensificada e a saúde humana gravemente afetada pela aceleração da contaminação de recursos d'água potável, especialmente em regiões de urbanização intensa (FREITAS, 1999).

Tendo em vista a contemporaneidade do assunto o trabalho é importante porque traz à luz a problemática da disponibilidade e qualidade da água doce no Brasil e no mundo; ou seja, discute questões que se referem à disponibilidade desse recurso, padrões de potabilidade, a questão da oferta e o consumo por parte da população mundial e brasileira no tocante às águas envasadas como uma alternativa qualitativa em relação à água de abastecimento.

A presente revisão bibliográfica tem como objetivo descrever a importância da utilização de tecnologias, como a Osmose Reversa, que vem sendo utilizada de maneira cada vez mais freqüente devido, principalmente, a escassez de água potável em muitas regiões do planeta provocando, dessa forma, uma demanda crescente por processos de dessalinização seguros e econômicos e, sendo assim, o processo de dessalinização por Osmose Reversa tem se difundido e seus custos decrescendo, viabilizando muitos projetos. A purificação por Osmose Reversa é utilizada, por exemplo, para produzir água para hemodiálise, para a preparação de medicamentos injetáveis e, em nosso caso, para a fabricação de águas envasadas nas indústrias alimentícias que primam pela qualidade e padronização como forma de agregar valor ao seu produto. Dessa maneira, objetivos tais como: analisar a questão da água como recurso esgotável, demonstrar como as variáveis de qualidade da água interferem na obtenção de um padrão na indústria de alimentos, atualizar o cenário do consumo das águas envasadas no Brasil e no mundo e

determinar a utilização de uma tecnologia industrial - a Osmose Reversa - para auxiliar na padronização de águas envasadas fazem parte do escopo do trabalho.

## **2 – METODOLOGIA**

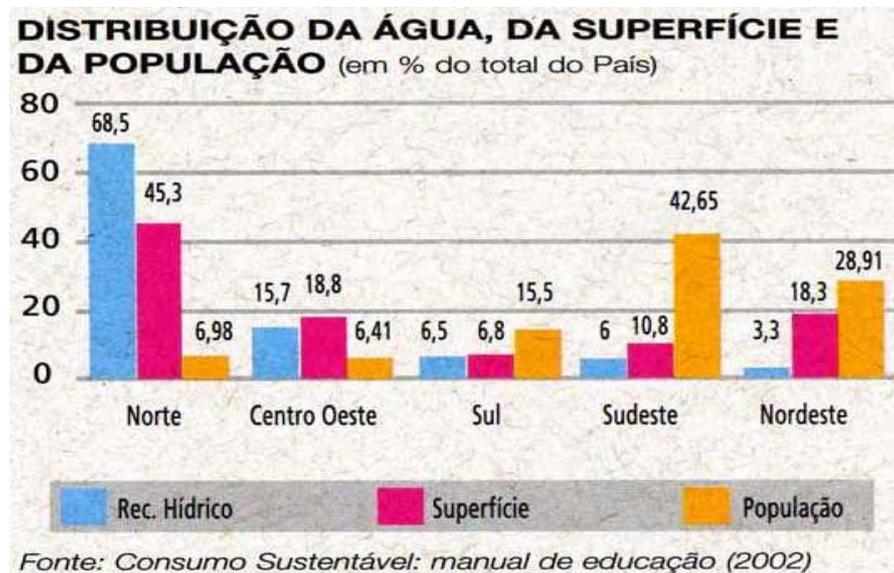
O procedimento metodológico adotado neste trabalho foi de pesquisa exploratória através de revisão bibliográfica que teve como base bancos de dados como o Scielo, por exemplo, e bibliografias na língua portuguesa a partir da década de 1930, pois nessa época já se verificavam iniciativas envolvendo as questões da problemática da água, além de artigos científicos presentes em publicações impressas ou indexadas.

A análise processou-se mediante a contextualização de maneira global da questão da água. Abordada tal situação partimos em busca dos elementos interferentes nos padrões de potabilidade desse recurso para que pudéssemos, por fim, propor uma tecnologia industrial, ainda inovadora, que viesse a auxiliar as fábricas engarrafadoras a manter padrões de conformidade e qualidade de seus produtos.

### 3- REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 - A QUESTÃO DA ÁGUA NO BRASIL

A água é um recurso não renovável e finito, distribuída de forma desigual pelas regiões geográficas do Brasil. Nosso país é privilegiado em termos de disponibilidade hídrica; no entanto, a distribuição dessa disponibilidade, no espaço e no tempo, se apresenta de forma muito variada nas diferentes regiões do país, contrastando situações de abundância e de convivência com cenários de escassez (MMA, 2003).



**Fig. 2 – Distribuição da Água, da Superfície e da População**

Fonte: MMA, 2003

Comparando os recursos hídricos disponíveis com a distribuição geográfica da população, tem-se uma clara idéia da gravidade da situação das regiões nordeste e sudeste. A região norte, ao contrário, apresenta grande disponibilidade hídrica, quando comparada com a sua população. A baixa disponibilidade hídrica no semi-árido, aliada à irregularidade das chuvas, impõe uma maneira diferenciada de relacionamento com esse recurso, envolvendo o respeito aos processos naturais a ele relacionados e a otimização das disponibilidades existentes (MMA, 2003).

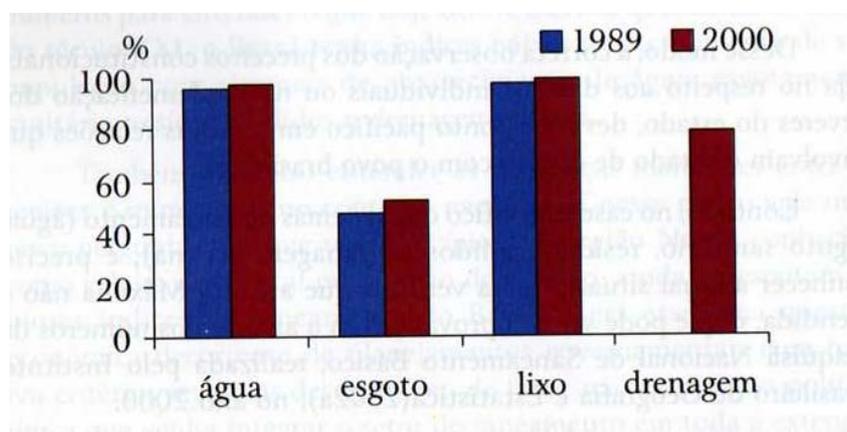
A legislação ambiental vigente - Resolução nº 357/2004 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), classifica as águas do território brasileiro,

de acordo com a sua salinidade, em “água doce” (salinidade inferior ou igual a 0,5%), “salobra” (salinidade entre 0,5% e 30%) e “salina” (salinidade superior a 30%). Vale ressaltar que no Sistema Internacional de Unidades SI -, a salinidade da água é referida, com maior precisão, como sólidos totais dissolvidos (STD), pois os constituintes em solução na água não são, necessariamente, sais. (Rebouças *et al.*, 2002).

Também para o monitoramento da qualidade das águas torna-se necessária a operação de uma rede para coleta e análise de dados periodicamente. Entidades federais e estaduais dispõem de um razoável número de estações monitoradas por redes genéricas e específicas (COIMBRA *et al.*, 1999).

O Tratamento prévio de esgotos urbanos e industriais é fundamental para a conservação dos recursos hídricos em padrões de qualidade compatíveis com a sua utilização para os mais diversos fins. As águas subterrâneas, embora mais protegidas da poluição, podem ficar seriamente comprometidas, pois sua recuperação é mais lenta. Há substâncias que não se autodepuram e causam poluição cumulativa das águas, com sérios riscos ao homem, à fauna e à flora, quando não tratadas e lançadas nos rios, lagos e mesmo no solo (SILVA & PRUSKI, 2000).

A água pode ser ainda veículo de transmissão de doenças, quando recebe lançamento de esgotos sanitários não tratados, constituindo risco à saúde pública.



**Fig. 3 – Percentual comparativo entre os anos de 1989 e 2000 nos diferentes tipos de tratamento (SILVA & PRUSKI, 2000).**

### **3.2 – A NORMATIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO**

A qualidade da água se tornou uma questão de interesse para a saúde pública no final do século 19 e início do século 20. Anteriormente, a qualidade era associada apenas a aspectos estéticos e sensoriais, tais como a cor, o gosto e o odor (FREITAS & FREITAS, 2005).

Na metade do século 19, ocorreram avanços na compreensão da relação entre água contaminada e doenças e, no início do século 20, em função de várias descobertas científicas passadas, muitos sistemas de tratamento de água foram construídos nos Estados Unidos, empregando a filtração lenta como estratégia de controle da qualidade da água. Anos mais tarde, naquele mesmo país, a cloração é empregada pela primeira vez no estado de New Jersey, em 1908. Outros desinfetantes também foram utilizados nesse mesmo período, como o ozônio, na Europa. As iniciativas de potabilização da água de consumo humano se deram antes do estabelecimento de padrões e normas de qualidade. Algumas iniciativas pioneiras merecem destaque. Em 1914, uma norma federal americana, elaborada pelo serviço de saúde pública da época, estabelecia um padrão de qualidade microbiológica da água. Porém, essa norma se aplicava somente à água produzida por sistema de abastecimento e transportada via navios e trens para outros Estados, e se limitava a contaminantes capazes de causar doenças contagiosas (FREITAS & FREITAS, 2005, p.995 apud United States Environmental Protection Agency - Usepa, 1999).

Os valores máximos permitidos ou os limites máximos de contaminação (MCLs) foram sendo estabelecidos em função de estudos e bioensaios toxicológicos, e de componentes químicos e físico-químicos capazes de alterar as propriedades organolépticas ou sensoriais da água, que, além, de causar rejeição de consumo, podem estimular condições à diminuição da vida útil de toda a aparelhagem hidráulica com conseqüentes prejuízos econômicos (FREITAS & FREITAS, 2005).

A partir de estudos e levantamentos da situação da maioria dos sistemas de abastecimento de água, que apresentavam uma qualidade fora dos padrões de potabilidade, no início dos anos 70 é criada nos Estados Unidos uma norma nacional

de potabilidade de água para consumo humano, a *Safe Drinking Water Act*, de 1974, que estabelecia um padrão nacional de qualidade de água. Por esta lei, toda água captada e tratada pelas companhias de abastecimento daquele país deveria corresponder a este padrão de potabilidade, ou seja, apresentar constituintes orgânicos, inorgânicos e microbiológicos dentro dos valores máximos permitidos, ou seja, a água utilizada para fins de consumo humano não deveria ser capaz de provocar nenhum risco ou dano à saúde humana (FREITAS & FREITAS, 2005).

Na Europa, a atual norma de qualidade de água para fins de consumo humano tem abrangência em todos os países da comunidade europeia. A *Drinking Water Directive* (DWD) 98/83/EC é submetida a cada cinco anos a um processo de revisão, que tem como principal objetivo definir estratégias relativas à gestão do sistema de produção de água potável, no sentido de propor a inclusão de novos parâmetros químicos ou biológicos, a revisão dos limites máximos já existentes e a discussão sobre tendências de gerenciamento de riscos para o setor (FREITAS & FREITAS, 2005).

Na atualidade, a Organização Mundial de Saúde (OMS) é a instituição que acompanha e recomenda os valores máximos permitidos, a partir dos estudos toxicológicos realizados em todo mundo. Os Estados Unidos, Canadá e União Europeia, apesar de se basearem também nas recomendações da OMS, estimulam pesquisas toxicológicas e bioensaios que, reciprocamente, acabam servindo de referência tanto para a OMS como para os demais países (FREITAS & FREITAS, 2005).

### **3.3 – A NORMATIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA NO BRASIL**

No Brasil, a normatização da qualidade da água para consumo humano foi iniciada na década de 1970. A primeira norma de potabilidade foi criada pelo decreto federal nº 79.367, de 09 de março de 1977, que estabeleceu a competência do Ministério da Saúde sobre a definição do padrão de potabilidade da água para consumo humano, a ser observado em todo território nacional, através da portaria nº 56 Bsb, publicada em 14 de março de 1977. Considera-se esta a primeira norma de potabilidade, uma vez que abrangia diferentes constituintes químicos e

microbiológicos potencialmente patogênicos à saúde humana (FREITAS & FREITAS, 2005).

A primeira revisão da portaria nº 56 Bsb/77 foi iniciada em 1988, e apesar de estar inicialmente restrita à participação de setores governamentais de saúde e de companhias estaduais de abastecimento de água e órgãos estaduais de controle ambiental, conseguiu posteriormente envolver as vigilâncias sanitárias, os Laboratórios de Saúde Pública (LACENs), a comunidade científica e algumas associações de classe na discussão da revisão, que forneceu subsídios à nova portaria, a 36 GM, publicada em 19 de janeiro de 1990. Entre as principais inovações introduzidas estão: a definição de controle e vigilância da qualidade, a definição de serviço e sistema de abastecimento de água e a inclusão e revisão de parâmetros químicos e microbiológicos (FREITAS & FREITAS, 2005).

A segunda revisão ocorreu dez anos depois, extrapolando a recomendação do prazo máximo de cinco anos, contida na 36 GM/90, após a sua promulgação. A revisão da 36 GM/90 foi conduzida pelo Ministério da Saúde, por meio da Coordenação Geral de Vigilância Ambiental em Saúde (CGVAM), em parceria com o Departamento de Engenharia de Saúde (Funasa), com a representação da Organização Pan-Americana de Saúde (OPAS) e da Organização Mundial de Saúde (OMS) no Brasil (MS, 2000). Nessa última revisão, ampliou-se mais o processo participativo na confecção da norma, uma vez que houve colaboração de diversas entidades dos setores público, privado e de organizações não governamentais. Em 29 de dezembro de 2000, foi publicada a portaria 1.469 (MS, 2000), estabelecendo o controle e a vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. A principal inovação trazida por essa portaria foi a classificação dos tipos de sistemas de abastecimento de água em: sistema coletivo, que se constitui de uma instalação composta por um conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, destinados à produção e à distribuição canalizada de água potável para as populações, sob a responsabilidade do poder público, mesmo que administrada em regime de concessão ou permissão; e sistema ou solução alternativa de abastecimento de água – que se constitui de toda modalidade de abastecimento coletivo de água, distinta do sistema coletivo, incluindo, por exemplo,

fontes, poços comunitários, distribuição por veículo transportador, instalações condominiais horizontal e vertical (FREITAS & FREITAS, 2005).

Em função dessa classificação, a portaria 1.469 estabeleceu deveres e responsabilidades aos órgãos de saúde encarregados de realizar a vigilância e às empresas de abastecimento, administradas sob o domínio público ou privado, responsáveis pelo controle da qualidade da água. Ambos, órgãos e empresas, têm o dever de monitorar os parâmetros de qualidade, desde áreas de proteção do corpo hídrico utilizado para a captação, até o tratamento e distribuição. Esta última revisão também incorporou um novo parâmetro microbiológico, a pesquisa de cianobactérias e cianotoxinas, além de recomendações a respeito da operacionalidade para a remoção de cistos de *Giardia spp* e oocistos de *Cryptosporidium sp.* a partir da melhora da eficiência no processo de filtração (FREITAS & FREITAS, 2005).

### **3.4 - QUALIDADE DAS ÁGUAS NATURAIS**

A água pura é um líquido insípido, inodoro e incolor, representado pela fórmula química  $H_2O$ , e que não é encontrável na natureza. Isso se deve, principalmente, ao fato de praticamente todas as substâncias serem, em maior ou menor grau, solúveis na água que é, por isso, considerada como o solvente universal. Desta forma a impurificação da água por contato com outras substâncias é extremamente fácil (REBOUÇAS *et al.*, 2002).

A impurificação das águas naturais pode ocorrer em qualquer fase do ciclo, tanto no estado de vapor, em contato com a atmosfera, quanto no estado líquido, seja no movimento descendente (chuva ou neve), seja no contato com a crosta e, infelizmente cada vez mais, em decorrência das atividades antropogênicas (REBOUÇAS *et al.*, 2002).

As impurezas presentes na água podem se encontrar dissolvidas ou em suspensão. As impurezas dissolvidas podem ser provenientes de gases, líquidos ou sólidos solúveis. As impurezas em suspensão podem ser sólidos particulados ou colóides (REBOUÇAS *et al.*, 2002).

De maneira geral, pode-se dizer que a água tem capacidade de absorver todos os componentes do ar atmosférico. Os principais gases encontrados na água são o carbônico ( $\text{CO}_2$ ) e o oxigênio ( $\text{O}_2$ ). Destes, o gás carbônico deve merecer particular atenção, uma vez que é componente importante na interação da água com outros compostos presentes na crosta (REBOUÇAS *et al.*, 2002).

Ao atingir a superfície da Terra e penetrar em suas diversas camadas, a água vai interagindo com o meio e modificando sua composição química. Esta interação pode ocorrer de três maneiras distintas (REBOUÇAS *et al.*, 2002):

- Dissolução direta;
- Ação do gás carbônico dissolvido; e
- Reações entre outros componentes presentes.

Desta forma, são incorporadas à água diversas impurezas tanto na forma de materiais dissolvidos, tais como bicarbonatos, sulfatos, cloretos de cálcio, magnésio, sódio, quanto na forma de materiais em suspensão (REBOUÇAS *et al.*, 2002).

A natureza das impurezas (qualidade e quantidade) depende das características das regiões onde se formam as nuvens, das regiões nas quais a água líquida é precipitada, dos ambientes percorridos pela água e local onde se localiza sua fonte (REBOUÇAS *et al.*, 2002).

O uso da água doce para consumo humano está sujeito aos condicionantes específicos de qualidade, que são definidos pelos padrões de potabilidade. No Brasil, esses padrões são estabelecidos pelo Ministério da Saúde – Portaria nº 36/90 e Portaria nº 518/04 - sendo os Sólidos Totais Dissolvidos (STD) de 1.000 mg/l o valor máximo permissível (VMP). Igual VMP é a adotado pela Organização Mundial de Saúde – OMS.

### **3.5 - SANEAMENTO E SAÚDE**

Entre os principais sistemas da infra-estrutura urbana estão os de saneamento, que são diretamente relacionados com a preservação do meio físico e com a saúde da população; assim, a água de cada município ou estado é fornecida

pelas empresas responsáveis pela captação, tratamento e distribuição à população e visa à melhoria da qualidade da água de abastecimento com três principais finalidades:

Higiênica – remoção de bactérias, elementos venenosos ou nocivos à saúde, mineralização excessiva, teores elevados de compostos orgânicos, protozoários e outros organismos.

Estética – Correção da cor, do sabor e da turbidez.

Econômica – redução da corrosão, dureza, cor, turbidez, ferro, odor, sabor, manganês.

O Quadro 1 resume os valores máximos aceitáveis para cada parâmetro microbiológico:

Quadro 1 - Padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano

PARÂMETRO	VMP (1)
Água para consumo humano (2)	
<i>Escherichia coli</i> ou coliformes termotolerantes (3)	Ausência em 100ml
Água na saída do tratamento	
Coliformes totais	Ausência em 100ml
Água tratada no sistema de distribuição (reservatórios e rede)	
<i>Escherichia coli</i> ou coliformes termotolerantes (3)	Ausência em 100ml
Coliformes totais	Sistemas que analisam 40 ou mais amostras por mês: Ausência em 100ml em 95% das amostras examinadas no mês; Sistemas que analisam menos de 40 amostras por mês: Apenas uma amostra poderá apresentar

	mensalmente resultado positivo em 100ml
--	---

Fonte: Cetesb, 2006

Notas:

(1) Valor Máximo Permitido.

(2) Água para consumo humano em toda e qualquer situação, incluindo fontes individuais como poços, minas, nascentes.

(3) A detecção de *Escherichia coli* deve ser preferencialmente adotada.

Com relação aos parâmetros químicos, o Quadro 2 condensa os principais atributos. Em geral, a água potável deve estar em conformidade com o padrão de aceitação para consumo humano a seguir:

Quadro 2 - Padrão de aceitação para consumo humano

PARÂMETRO	UNIDADE	VMP(1)
Alumínio	mg/l	0,2
Amônia (como NH <sub>3</sub> )	mg/l	1,5
Cloreto	mg/l	250
Cor Aparente	uH(2)	15
Dureza	mg/l	500
Etilbenzeno	mg/l	0,2
Ferro	mg/l	0,3
Manganês	mg/l	0,1
Monoclorobenzeno	mg/l	0,12
Odor	-	Não objetável (3)
Gosto	-	Não objetável (3)
Sódio	mg/l	200
Sólidos dissolvidos totais	mg/l	1.000
Sulfato	mg/l	250
Sulfeto de Hidrogênio	mg/l	0,05
Surfactantes	mg/l	0,5
Tolueno	mg/l	0,17

Turbidez	UT (4)	5
Zinco	mg/l	5
Xileno	mg/l	0.3

Fonte: Cetesb, 2006

**Notas:**

(1) Valor máximo permitido.

(2) Unidade Hazen (mg Pt–Co/l).

(3) Critério de referência

(4) Unidade de turbidez.

Para ser adequada ao uso nas fábricas de bebidas carbonatadas, a água deve ser livre de Fe (ferro) e Mn (manganês), para evitar que o sabor seja afetado. A turbidez deve ser menor do que 1,0 ppm (partes por milhão), enquanto que a cor, o sabor, o odor e a matéria orgânica devem estar ausentes. A água, após o tratamento, deve permanecer em equilíbrio químico a fim de evitar a formação de precipitados ou turvação da cor. A alcalinidade não deve exceder 100 ppm e a dureza deve ser inferior a 200 ppm. Alcalinidade excessiva tende a neutralizar os ácidos das essências usadas, enquanto que a dureza em excesso pode afetar a aparência pela turvação das garrafas, logo após a lavagem (HARDENBERGH, 1964).

### **3.6 – ALGUMAS VARIÁVEIS E SUA INFLUÊNCIA SOBRE A QUALIDADE E SAÚDE DO CONSUMIDOR**

A correta implantação e a eficiente operação dos sistemas de abastecimento de água, de esgotamento sanitário, de resíduos sólidos e de drenagem pluvial são formas de assegurar a igualdade e os direitos previstos na Constituição Federal do Brasil, bem como podem ser utilizadas para estimar as taxas de crescimento, desenvolvimento e progresso dos municípios brasileiros (PEREIRA, 2003).

Segundo comparações bastante divulgadas e aceitas internacionalmente, para cada US\$ 1 (um dólar) investido no setor de saneamento são economizados US\$ 4 (quatro dólares) no setor de saúde.

Uma melhoria no abastecimento de água e na disposição de dejetos poderá gerar melhoramentos na renda, e no bem-estar social. Embora tais benefícios sejam utilizados para justificar investimentos maciços, na prática eles são difíceis de identificar e ainda mais difíceis de ser avaliados. Embora seja possível tomar decisões racionais quanto a metas ou benefícios não quantificáveis, quando os seus custos econômicos são conhecidos, essa informação é quase sempre indisponível (PEREIRA, 2003).

As doenças relacionadas com a água, que afetam a saúde do homem, são relativamente muito difundidas e abundantes nas áreas rurais dos países em desenvolvimento. A incidência dessas doenças depende do clima, da geografia, da cultura, dos hábitos sanitários e, certamente, da quantidade e qualidade do abastecimento do local de água, além dos métodos de disposição de dejetos. As mudanças que ocorrem no abastecimento de água podem afetar diversos grupos de doenças de diferentes modos: um grupo pode depender das alterações na qualidade da água, outro da disponibilidade de água, e outro dos efeitos indiretos da água estagnada (PEREIRA, 2003).

Por exemplo, a instalação de um abastecimento de água potável conectada às casas numa comunidade tropical, pode proteger as pessoas contra cólera, previamente transmitida por fontes poluídas; contra doenças da pele e diarreias resultantes da falta de higiene pessoal; contra a esquistossomose que as contaminava quando elas iam ao lago para buscar água e contra as febres disseminadas pelos mosquitos criados nos recipientes onde se costumava armazenar água (PEREIRA, 2003).

Algumas das importantes doenças infecciosas relacionadas com a água estão listadas a seguir. Elas estão agrupadas em cinco categorias gerais que ajudam a prever os prováveis efeitos das mudanças verificadas no abastecimento de água para a saúde do homem. Há que se notar que esses grupos não são necessariamente mutuamente exclusivos e que não foi possível delimitar com precisão em qual das duas primeiras categorias vários tipos de diarreia se encaixariam. Dos cinco grupos, quatro são diretamente relacionados com água ao

passo que o quinto é determinado principalmente pela adequação das facilidades de disposição de dejetos (PEREIRA, 2003).

- Doenças controladas pela limpeza com água.  
A falta de água e a higiene pessoal criam condições favoráveis para a sua disseminação. As infecções intestinais neste grupo dependem também da falta de disposição adequada de dejetos. Ex.: Ascaridíase, Amebíase, Hepatite Viral tipo A, Cólera, Poliomielite, Leptospirose, Gastroenterites.
- Doenças associadas com a água.  
Uma parte necessária do ciclo da vida do agente infeccioso se passa num animal aquático. Algumas são também afetadas pela disposição de dejetos. Ex.: Esquistossomose, Giardíase.
- Doenças cujos vetores se relacionam com a água.  
As doenças são propagadas por insetos que nascem na água ou picam perto dela. O encanamento nas casas faria com que as pessoas se afastassem das áreas onde são picadas, ou permitiria que elas dispensassem o uso de recipientes para a armazenagem de água, onde os insetos proliferam. Não são afetadas pela disposição de dejetos. Ex.: Dengue.
- Doenças associadas ao destino de dejetos e muito pouco afetadas pela água mais diretamente: elas constituem o extremo de um espectro de doenças, na maioria controladas pela limpeza com a água, juntamente com um grupo de infecções do tipo associadas à água, que podem ser adquiridas somente pela ingestão de peixes ou de outros organismos aquáticos crus. Ex: Difilobotríase.

Nas áreas rurais da América do Sul, da Ásia, ou da África uma fonte potencial de uma variedade de doenças seria provavelmente eliminada melhorando-se e protegendo-se as fontes, cavando-se um poço protegido e instalando-se uma bomba manual, ajudando as comunidades com um programa para construção de privadas, ou perfurando-se um poço e instalando-se uma pequena infra-estrutura de

bombeamento, armazenamento e distribuição com várias torneiras públicas e algumas conexões domiciliares.

A água é utilizada para muitos fins, inclusive para beber e para limpeza, e há grandes variações na quantidade de água que as pessoas querem, ou podem usar. Por exemplo, o levantamento da OMS – Organização Mundial da Saúde, mostrou os seguintes valores médios de consumo diário, em litros per capita por/dia, para as áreas rurais dos países em desenvolvimento:

Quadro 3 – Consumo de água per capita/dia em diferentes regiões do globo

Litros per capita por dia		
Região da OMS	Mínimo	Máximo
África	15	35
Sudeste da Ásia	30	70
Pacífico Ocidental	30	95
Mediterrâneo Oriental	40	85
Argélia, Marrocos, Turquia	20	65
América Latina e Caribe	70	190
Média Mundial nos Países em Desenvolvimento	35	90

Fonte: SAUDERS & WARFORD, 1983

Os dados de cada país, individualmente, revelaram uma utilização mínima de aproximadamente 5 litros per capita/dia em sete países; 20 litros per capita/dia, ou menos, em 45 países. O consumo equivalente a 5 litros per capita/dia é talvez o mínimo necessário para manter a vida. Na revisão dos estudos de saúde concluiu-se que, de um modo geral, nas situações menos favorecidas, à medida que se consomem quantidades maiores de água os benefícios da saúde tornam-se maiores (SAUDERS & WARFORD, 1983).

Algumas variáveis são extremamente importantes no tocante à qualidade e saúde do consumidor. A cor, que é uma variável física, por exemplo, é devido à presença de sólidos dissolvidos, principalmente materiais orgânico e inorgânico em

estado coloidal e que trazem um problema estético, quando presente, podendo causar um efeito repulsivo aos consumidores. A cor da água não é ofensiva à saúde, mas depõe contra a aparência.

As bactérias do grupo coliforme, uma variável biológica, são consideradas os principais indicadores de contaminação fecal. O grupo coliforme é formado por um número de bactérias que inclui os gêneros *Klebsiella*, *Escherichia*, *Serratia*, *Erwenia* e *Enterobactéria*. Todas as bactérias coliformes são gram negativas manchadas, de hastes não esporuladas, que estão associadas com as fezes de animais de sangue quente e com o solo.

As bactérias coliformes *E.coli* reproduzem-se ativamente a 44,5°C e são capazes de fermentar a lactose. O uso das bactérias coliformes termotolerantes para indicar poluição sanitária mostra-se mais significativo que o uso de bactéria coliforme "total", porque as bactérias fecais estão restritas ao trato intestinal de animais de sangue quente.

A determinação da concentração dos coliformes assume importância como parâmetro indicador da possibilidade da existência de microorganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratífóide, disenteria bacilar e cólera (CETESB, 2006).

O odor e o sabor são meios primários pelos quais se determina o uso ou a aceitabilidade da água. Embora não possam ser diretamente correlacionados com a segurança da água, sua presença pode levar o consumidor a procurar outras fontes de abastecimento. Prova disso é que o maior número de reclamações sobre a água não se deve às características químicas ou bacteriológicas, mas sim ao odor e sabor. As fontes naturais de odor e sabor podem ser classificadas em duas categorias:

Naturais – são todas aquelas substâncias produtoras de odor e sabor que se produzem ou chegam à água por causas naturais, tais como algas, vegetação em decomposição, bactérias, fungos e compostos inorgânicos (gás sulfídrico, sulfatos e cloretos).

Artificiais – são aquelas provenientes de água residuárias domésticas ou industriais, produtos da atividade do homem.

Para Battalha *et. al.*, (1977) uma fonte biológica de substâncias produtoras de sabor e odor são os actinomicetos e certas espécies de estreptomicetos.

O Standart Methods fornece uma lista de 12 odores que considera suficientes para representar todos os que podem estar presentes em uma água (SECRETARIA DE OBRAS PÚBLICAS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL - SOPS, 1963):

- |                 |                         |
|-----------------|-------------------------|
| a- Aromático    | g- Mofo                 |
| b- Cloro livre  | h- Bolorento            |
| c- Desagradável | i- Turfosos             |
| d- Terroso      | j- Adocicado            |
| e- Piscoso      | l- Hidrogênio sulfurado |
| f- Herbático    | m- Vegetal              |

Outra variável importante é o alumínio. É uma variável química associada a componentes atmosféricos, particularmente poeiras derivadas de solos e partículas originadas da combustão do carvão. Na água, o alumínio é influenciado pelo pH, temperatura e a presença de fluoretos, sulfatos, matéria-orgânica e outros ligantes. Há considerável evidência da neurotoxicidade do alumínio. O acúmulo no homem tem sido associado ao aumento de casos de demência senil do tipo Alzheimer (CETESB, 2006).

O bário pode ocorrer naturalmente na água, na forma de carbonatos em algumas fontes. Provoca efeitos no homem, como constrição de vasos sanguíneos elevando a pressão arterial e efeitos sobre o sistema nervoso. Os sais de bário são utilizados industrialmente na elaboração de cores, fogos de artifício, fabricação de vidro, inseticidas. Em geral, ocorre nas águas naturais em concentrações muito baixas, de 0,7 µg/l a 900 µg/l (CETESB, 2006).

O cádmio se apresenta nas águas naturais devido às descargas de efluentes industriais, principalmente as galvanoplastias, produção de pigmentos, soldas, equipamentos eletrônicos, lubrificantes e acessórios fotográficos. É também usado como inseticida. A queima de combustíveis fósseis consiste também numa fonte de cádmio para o ambiente. Apresenta efeito crônico, pois se concentra nos rins, no fígado, no pâncreas e na tireóide, e efeito agudo, sendo que uma única dose de 9,0 gramas pode levar à morte. Estudos feitos com animais demonstram a possibilidade de causar anemia, retardamento de crescimento e morte. O padrão de potabilidade é fixado pela Portaria 518 em 0,005 mg/l. O cádmio ocorre na forma inorgânica, pois seus compostos orgânicos são instáveis; além dos malefícios já mencionados, é um irritante gastrointestinal, causando intoxicação aguda ou crônica sob a forma de sais solúveis. Está presente em águas doces em concentrações traço, geralmente inferiores a 1 µg/l. É um metal de elevado potencial tóxico, que se acumula em organismos aquáticos, possibilitando sua entrada na cadeia alimentar. O cádmio pode ser fator para vários processos patológicos no homem, incluindo disfunção renal, hipertensão, arteriosclerose, inibição no crescimento, doenças crônicas em idosos e câncer (CETESB, 2006).

O ferro, outra variante química, apesar de não se constituir em um tóxico, traz diversos problemas para o abastecimento de água. Confere cor e sabor à água, provoca manchas em roupas e utensílios sanitários. Também traz o problema do desenvolvimento de depósitos em canalizações e de ferro-bactérias, provocando a contaminação biológica da água na própria rede de distribuição. Por estes motivos, o ferro constitui-se em padrão de potabilidade, tendo sido estabelecida a concentração limite de 0,3 mg/l na Portaria 518 do Ministério da Saúde (CETESB, 2006).

O chumbo está presente no ar, no tabaco, nas bebidas e nos alimentos; nestes últimos, naturalmente, por contaminação e na embalagem. Está presente na água devido às descargas de efluentes industriais, como por exemplo os efluentes das indústrias de acumuladores (baterias), bem como devido ao uso indevido de tintas e tubulações e acessórios a base de chumbo (materiais de construção). O chumbo e seus compostos também são utilizados em eletrodeposição e metalurgia. Constitui veneno cumulativo, provocando um envenenamento crônico denominado saturnismo, que consiste em efeito sobre o sistema nervoso central com

conseqüências bastante sérias. Outros sintomas de uma exposição crônica ao chumbo, quando o efeito ocorre no sistema nervoso central, são: tontura, irritabilidade, dor de cabeça, perda de memória, entre outros. Quando o efeito ocorre no sistema periférico o sintoma é a deficiência dos músculos extensores. A toxicidade do chumbo, quando aguda, é caracterizada pela sede intensa, sabor metálico, inflamação gastrintestinal, vômitos e diarréias. O chumbo é padrão de potabilidade, sendo fixado o valor máximo permissível de 0,01 mg/l pela Portaria 518 do Ministério da Saúde (CETESB, 2006).

Nas águas superficiais, as fontes importantes de cloretos são as descargas de esgotos sanitários, sendo que cada pessoa expele pela urina cerca 6 g de cloreto por dia, o que faz com que os esgotos apresentem concentrações de cloreto que ultrapassam a 15 mg/l. Diversos são os efluentes industriais que apresentam concentrações de cloreto elevadas, como os da indústria do petróleo, algumas indústrias farmacêuticas, curtumes. O cloreto provoca sabor "salgado" na água, sendo o cloreto de sódio o mais restritivo por provocar sabor em concentrações da ordem de 250 mg/l, valor este que é tomado como padrão de potabilidade. No caso do cloreto de cálcio, o sabor só é perceptível em concentrações de cloreto superior a 1000 mg/l (CETESB, 2006).

No caso do cromo, sua concentração em água doce é muito baixa, normalmente inferior a 1 µg/l. É comumente utilizado em aplicações industriais e domésticas, como na produção de alumínio anodizado, aço inoxidável, tintas, pigmentos, explosivos, papel, fotografia. Na forma trivalente, o cromo é essencial ao metabolismo humano e sua carência causa doenças. Na forma hexavalente é tóxico e cancerígeno. Os limites máximos são estabelecidos basicamente em função do cromo hexavalente, ou seja, 0,05 mg/l (CETESB, 2006).

Os fenóis e seus derivados aparecem nas águas naturais pelas descargas de efluentes industriais. Indústrias de processamento de borracha, de colas e adesivos, de resinas impregnantes, de componentes elétricos (plásticos) e as siderúrgicas, entre outras, são responsáveis pela presença de fenóis nas águas naturais. Os fenóis são tóxicos ao homem, aos organismos aquáticos e aos microrganismos que tomam parte dos sistemas de tratamento de esgotos sanitários e de efluentes

industriais. Nas águas naturais, os padrões para os compostos fenólicos são bastante restritivos. Nas águas tratadas, os fenóis reagem com o cloro livre formando os clorofenóis, que conferem sabor e odor à água. Por este motivo, os fenóis constituem-se em padrão de potabilidade, sendo imposto o limite máximo bastante restritivo de 0,001 mg/l pela Portaria 518 do Ministério da Saúde (CETESB, 2006).

O comportamento do manganês nas águas é muito semelhante ao do ferro em seus aspectos mais diversos, sendo que a sua ocorrência é mais rara. O manganês desenvolve coloração negra na água, podendo se apresentar nos estados de oxidação  $Mn^{+2}$  (forma mais solúvel) e  $Mn^{+4}$  (forma menos solúvel). A concentração de manganês menor que 0,05 mg/l geralmente é aceitável em mananciais, devido ao fato de não ocorrerem, nesta faixa de concentração, manifestações de manchas negras ou depósitos de seu óxido nos sistemas de abastecimento de água. Raramente atinge concentrações de 1,0 mg/l em águas superficiais naturais e, normalmente, está presente em quantidades de 0,2 mg/l ou menos. É muito usado na indústria do aço, na fabricação de ligas metálicas e baterias e na indústria química em tintas, vernizes, fogos de artifícios e fertilizantes, entre outros (CETESB, 2006).

O mercúrio é largamente utilizado no Brasil nos garimpos, no processo de extração do ouro (amálgama). É altamente tóxico ao homem, sendo que doses de 3 a 30 gramas são fatais. Apresenta efeito cumulativo e provoca lesões cerebrais. É bastante conhecido o episódio de Minamata, no Japão, onde grande quantidade de mercúrio orgânico, o metil-mercúrio, que é mais tóxico que o mercúrio metálico, foi lançada por uma indústria, contaminando peixes e habitantes da região, provocando graves lesões neurológicas e mortes. O padrão de potabilidade fixado pela Portaria 518 do Ministério da Saúde é de 0,001 mg/l. Os efeitos sobre os ecossistemas aquáticos são igualmente sérios, de forma que os padrões de classificação das águas naturais são também bastante restritivos com relação a este parâmetro. As concentrações de mercúrio em águas doces não contaminadas estão normalmente em torno de 50 mg/l (CETESB, 2006).

Todas as águas naturais contêm algum sódio, já que seus sais estão na forma de sais altamente solúveis em água, podendo ser considerado um dos elementos mais abundantes na Terra. Ele se encontra na forma iônica ( $\text{Na}^+$ ), e na matéria das plantas e animais, já que é um elemento essencial para os organismos vivos. Valores podem estender-se de 1 mg/l ou menos até 10 mg/l ou mais em salmoura natural. Muitas superfícies de água, incluindo aquelas que recebem efluentes, têm níveis bem abaixo de 50 mg/l. Entretanto, as concentrações das águas subterrâneas freqüentemente excedem 50 mg/l. Sódio é comumente medido onde a água é utilizada para beber (CETESB, 2006).

A utilização de Osmose Reversa em indústrias de bebidas visa, principalmente, a retirada dos íons  $\text{Na}^+$  que são bastante variáveis em fontes de águas naturais onde, dessa forma, dificultam a padronização desse elemento nas águas envasadas. Após a completa retirada do íon, a fábrica engarrafadora padroniza a quantidade de sódio desejada na produção da água.

O zinco é também bastante utilizado em galvanoplastias, na forma metálica e de sais tais como cloreto, sulfato, cianeto. A presença de zinco é comum nas águas naturais. O zinco é um elemento essencial para o crescimento, porém, em concentrações acima de 5,0 mg/l, confere sabor à água e certa opalescência a águas alcalinas. Em águas superficiais, normalmente as concentrações estão na faixa de <0,001 mg/l a 0,10 mg/l. É largamente utilizado na indústria e pode entrar no meio ambiente pelos processos naturais e antropogênicos, entre os quais destacam-se a produção de zinco primário, combustão de madeira, incineração de resíduos, produção de ferro e aço, efluentes domésticos. A água com alta concentração de zinco tem uma aparência leitosa e produz um sabor metálico ou adstringente quando aquecida. O zinco, por ser um elemento essencial para o ser humano, só se torna prejudicial à saúde quando ingerido em concentrações muito altas, o que é extremamente raro. Neste caso, pode acumular-se em outros tecidos do organismo humano. A deficiência do zinco nos animais pode conduzir ao atraso no crescimento. Nos EUA, populações consumindo águas com 11 mg/l a 27 mg/l não tiveram constatada qualquer anormalidade prejudicial à saúde. Os padrões para águas reservadas ao abastecimento público indicam 5,0 mg/l como o valor máximo permissível (CETESB, 2006).

Por fim, o cobre, que também constitui uma variável química, ocorre naturalmente em concentrações inferiores 20 µg/l. Quando em concentrações elevadas, é prejudicial à saúde e confere sabor às águas. Segundo pesquisas efetuadas, é necessária uma concentração de 20 mg/l de cobre ou um teor total de 100 mg/l por dia na água para produzir intoxicações humanas com lesões no fígado. No entanto, concentrações de 5 mg/l tornam a água absolutamente impalatável, devido ao gosto produzido (CETESB, 2006).

### **3.7 - O CONSUMO DE ÁGUAS ENVASADAS NO BRASIL E NO MUNDO**

O segmento de águas envasadas vem apresentando elevado crescimento e obtendo destaque em todo o mundo, nos últimos anos. Essa tendência deverá permanecer no futuro próximo, principalmente no mercado asiático, mais especificamente na China. O elevado potencial de crescimento se explica em virtude de aspectos relacionados à má qualidade da oferta pública de água tratada nos grandes centros e aos novos hábitos de saúde decorridos da preocupação das pessoas com uma vida mais saudável por meio do consumo de produtos menos calóricos e mais naturais.

Os tipos de água para consumo humano podem ser classificados em quatro categorias: água comum, procedente da rede pública; água potável, proveniente de poços rasos e, em geral, apresentando grandes variações de composição mineral ao longo do ano; águas minerais naturais, extraídas de fontes de captação que penetram fundo no subsolo; águas mineralizadas, originárias de seguidos processos de filtração para que fiquem puras e, em seguida, um processo artificial de mineralização acrescentando-se os elementos mais convenientes de acordo com cada fórmula (BEBIDAS, 2006).

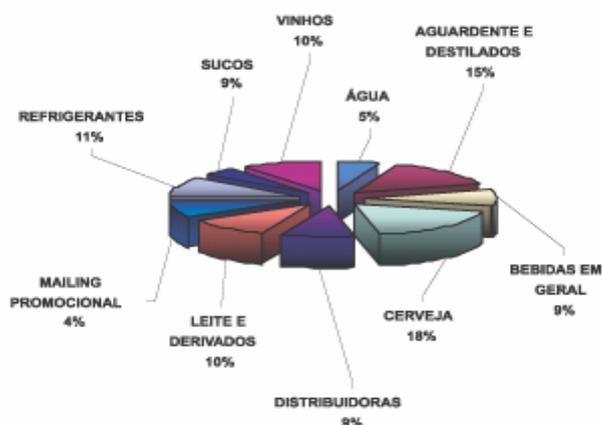
Nos últimos cinco anos, o mercado mundial de águas envasadas tem mostrado elevado crescimento, apresentando um consumo *per capita* médio de 24 litros/ano, em 2004. Muitos países, em especial os que compõem a União Européia, ostentam um nível de consumo *per capita* de 109 litros/pessoa, bem acima da média mundial. No entanto, a maioria do mundo em desenvolvimento, onde vive a maior

parte da população, ainda apresenta taxas de consumo per capita inferiores à média mundial (BEBIDAS, 2006).

Ainda que o consumo seja afetado pelas amplas diferenças regionais, o crescimento do mercado global mostra o potencial que esse segmento apresenta para aumentar o volume de negócios, principalmente como uma alternativa segura e conveniente para a quase sempre pouco saudável e confiável água da rede pública, encontrada em muitos países.

Segundo a ABINAM – Associação Brasileira da Indústria de Águas Minerais, o consumo mundial de águas envasadas em 2004 foi de 154,2 bilhões de litros, apresentando uma taxa de crescimento de 6,5%, comparativamente a 2003. A previsão é de que até 2008 seja alcançado o valor de 206 bilhões de litros, principalmente em função da conquista de mercados na Ásia, Europa Oriental e América do Sul.

O mercado brasileiro de águas envasadas apresentou constante crescimento nos últimos anos. Segundo estatísticas do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) e da Associação Brasileira da Indústria de Águas Minerais (ABINAM), o volume de produção de águas envasadas cresceu a uma média anual de 15%, desde 1990.



**Fig. 4 – Mercado de Bebidas no Brasil**

**Fonte: Engarrafador Moderno, 2006**

Embora o Brasil possua 30% das reservas mundiais de água mineral e seja o oitavo maior produtor de águas envasadas, o consumo *per capita* brasileiro é relativamente baixo, em torno de 30 litros/ano. Um dos motivos desse reduzido consumo está associado à má distribuição de renda, possibilitando que apenas 10% da população brasileira consumam esse tipo de produto. O aumento de produção de águas envasadas estimado para esse ano de 2006, segundo cálculos da Abinam, será de 12%, alcançando uma produção em torno de 6 bilhões de litros (BEBIDAS, 2006).

A expansão do mercado brasileiro explica-se pela maior preferência do consumidor por um produto tido como naturalmente puro e saudável, como ocorre em todo mundo. A preocupação com a qualidade da água de rede pública e, sobretudo, a busca do bem estar proporcionado pelos sais minerais naturais têm provocado, nos últimos anos, uma contínua demanda por água mineral, em todos os países. São Paulo, tradicionalmente, consome 40%, seguido pelo Nordeste, com 24% e, pelo Rio Grande do Sul, com 11% (BEBIDAS, 2006).

### **3.8 - MEMBRANAS FILTRANTES**

Membranas filtrantes constituem, atualmente, a principal inovação tecnológica nos processos de tratamento de água e de esgoto, sendo a primeira grande inovação desde o desenvolvimento das tecnologias convencionais de tratamento de água no início do século passado.

A tecnologia de membranas foi inicialmente comercializada para a dessalinização de água do mar, no início dos anos 60, na forma de sistemas de osmose reversa. Uma variante dessa tecnologia, que opera em pressões menores, a nanofiltração, começou a ser instalada em escala comercial para remoção de dureza de águas subterrâneas no estado da Flórida, nos Estados Unidos, e remoção de cor em águas derivadas de zonas com turfa, na Noruega, na década de 80. Estes dois segmentos de mercado, entretanto, representam pequenos nichos dentro do universo de sistemas utilizados no tratamento de água e de esgoto em saneamento básico (SCHNEIDER & TSUTIYA, 2001).

O grande avanço da tecnologia de membranas em saneamento básico começou no início dos anos 90, quando foram lançadas no mercado membranas de separação de partículas (microfiltração e ultrafiltração), derivadas de processos de membranas usados na hemodiálise, para produção de água potável em escala comercial (SCHNEIDER & TSUTIYA, 2001).

O aumento da escala e o contínuo aprimoramento dos sistemas de membranas são fatores importantes que viabilizam a construção de sistemas em escalas maiores, tanto que hoje, em países desenvolvidos, sistemas de membranas estão sendo projetados para substituir sistemas convencionais de tratamento de água em grandes escalas (7,0 m<sup>3</sup>/s) (SCHNEIDER & TSUTIYA, 2001).

### **3.9 - COMPATIBILIDADE DE TECNOLOGIAS DE MEMBRANAS COM A LEGISLAÇÃO DE QUALIDADE DE ÁGUA DOS EUA X BRASIL**

O principal fator que ocasionou a utilização das tecnologias de microfiltração e de ultrafiltração para a produção de água potável nos EUA foi a introdução de limites bastante restritivos para dois protozoários, a *Giardia* e o *Cryptosporidium*, na legislação pertinente, que impõem a eliminação completa desses patógenos das águas de consumo humano (SCHNEIDER & TSUTIYA, 2001).

Observa-se que a legislação brasileira de qualidade de água para consumo humano vigente (Portaria nº 518 de 2004), ainda não incorporou os limites mais severos introduzidos na legislação norte-americana durante a última década.

No Brasil, entretanto, nem sempre são produzidas águas potáveis que atendem as legislações vigentes. Os principais aspectos que diferenciam o nosso país da maioria dos países desenvolvidos é que a quantidade dos esgotos tratados é ainda pequena, e não há uma política clara e consistente de proteção da qualidade das águas dos mananciais utilizados para o abastecimento público. Estes dois fatores contribuem para uma drástica deterioração da qualidade da água bruta tratada nas ETAs – Estações de Tratamento de Água; no entanto, apesar disso, a adoção da tecnologia de membranas poderia tornar essas águas perfeitamente seguras para o consumo humano (SCHNEIDER & TSUTIYA, 2001).

### **3.10 - FUNDAMENTOS DA TECNOLOGIA DE MEMBRANAS**

Uma membrana pode ser definida como um filme fino e sólido que separa duas soluções e que atua como barreira seletiva para o transporte de componentes destas soluções, quando aplicada algum tipo de força externa. As forças externas que impulsionam a filtração em membranas utilizadas em saneamento básico são pressão, sucção (pressão negativa) e potencial elétrico. Após a passagem pela membrana, o líquido se transforma em permeado. É importante ressaltar que membranas são sistemas de separação de materiais, ou seja, não ocorre transformação química ou biológica de componentes durante o processo de filtração. A seletividade de membranas é variada por meio da modificação do tamanho dos poros ou pela alteração das propriedades físico-químicas dos polímeros componentes da membrana, principalmente dos polímeros localizados na superfície (SCHNEIDER & TSUTIYA, 2001).

### **3.11 - CLASSIFICAÇÃO DE MEMBRANAS**

Os tratamentos de água e esgoto consistem, essencialmente, na separação e/ou degradação dos componentes indesejáveis para a saúde humana ou para a integridade do meio ambiente. As águas naturais e os esgotos sanitários contêm uma grande variedade de partículas, moléculas e íons. A escala geométrica dos contaminantes removidos nos processos de tratamento varia de material macroscópico separado com o auxílio de grades aos componentes removíveis com membranas: material particulado microscópico (bactérias, algas, vírus, material coloidal), moléculas orgânicas (componentes de combustíveis, pesticidas, solventes) e íons (metais pesados, salinidade excessiva, dureza) (SCHNEIDER & TSUTIYA, 2001).

A classificação de membranas mais utilizada na área de saneamento básico é apresentada na Quadro 4. As membranas de microfiltração (MF), com porosidade nominal entre 0,1 $\mu$ m e 0,2  $\mu$ m e as membranas de ultrafiltração (UF), com porosidades entre 1.000D a 10.000D são utilizados para a separação de partículas. As membranas de separação molecular são as membranas de nanofiltração (NF),

porosidade nominal entre 200D e 1.000D e as membranas de osmose reversa (RO), com porosidade menor que 200D (SCHNEIDER & TSUTIYA, 2001).

Quadro 4 – Membranas utilizadas para o tratamento de água e esgoto

Membrana	Porosidade	Material Retido
1. Microfiltração	0,1 - 0,2 $\mu\text{m}$	Protozoários, bactérias, vírus (maioria), partículas.
2. Ultrafiltração	1.000D – 100.000D	Material removido na MF + colóides + Totalidade de vírus
3. Nanofiltração	200D – 1.000D	Íons divalentes e trivalentes, moléculas, orgânicas com tamanho maior do que porosidade média da membrana.
4. Osmose Reversa	< 200D	Íons, praticamente toda a matéria orgânica.

Fonte: Schneider, 2001

**Notas:**

D: Dalton, medida de peso molecular e um D corresponde ao peso de um átomo de hidrogênio  
 $\mu\text{m} = 1 \times 10^{-6} \text{ m}$

### 3.12 - PRODUÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL COM MEMBRANAS DE MICROFILTRAÇÃO E ULTRAFILTRAÇÃO

A tecnologia convencional de tratamento de água geralmente envolve coagulação com sais de ferro ou alumínio, sedimentação, filtração e desinfecção final com cloro. O tratamento mínimo consiste da combinação filtração/desinfecção. O objetivo primordial desse tratamento é a remoção de organismos patogênicos, incluindo protozoários, bactérias e vírus. Como objetivos secundários, que dependem da qualidade da água bruta, podem também ser citados a remoção de odores, de compostos que afetam o gosto da água tratada, e de compostos que podem formar precipitados nas superfícies dos sistemas de distribuição (ferro, manganês, sílica) (SCHNEIDER & TSUTIYA, 2001).

Filtros convencionais utilizados no tratamento de água removem material particulado e coloidal por vários mecanismos diferentes: retenção física, adsorção

química ou física, sedimentação, floculação e impactação. Esses filtros não representam barreiras absolutas para partículas; sua eficiência é limitada devido ao acúmulo de material no seu interior, que deve ser removido periodicamente em ciclos de retrolavagem, e pela formação de canais de fluxo preferencial nos bancos de areia ou areia/antracito. De um modo geral, membranas de microfiltração e de ultrafiltração têm eficiência muito superior na remoção de partículas do que filtros convencionais (SCHNEIDER & TSUTIYA, 2001).

Na produção de água potável, sistemas de ultrafiltração e microfiltração são utilizados para a remoção de material particulado e coloidal das águas brutas. Membranas filtrantes oferecem as seguintes vantagens sobre os sistemas convencionais de tratamento (SCHNEIDER & TSUTIYA, 2001):

- Não há necessidade de produtos químicos no tratamento de água bruta de boa qualidade;
- O mecanismo de filtração é por exclusão física de partículas com tamanho maior do que a porosidade das membranas; não ocorre passagem de partículas com tamanho maior do que os poros;
- Qualidade boa e constante da água tratada, independentemente de variações da qualidade da água de alimentação;
- Plantas compactas e automatizadas;
- Possibilidade de aumentar a produção de plantas em mais de 50% durante curtos períodos de tempo sem afetar a qualidade da água produzida ou a integridade da planta.

### **3.13 - TECNOLOGIA DA OSMOSE REVERSA**

A palavra osmose foi adicionada aos nossos dicionários desde o final do século passado, e vem do grego (osmós) que significa “impulso”.

A osmose reversa é utilizada para dessalinizar águas marinhas, águas salobras e águas de superfície.

A osmose é um fenômeno natural que ocorre quando duas soluções salinas de concentrações diferentes encontram-se separadas por uma membrana semipermeável. Neste caso, a água (solvente) da solução menos concentrada tenderá a passar para o lado da solução de maior salinidade. As membranas semipermeáveis têm a capacidade de deixar passar somente a água, mas não deixam passar os sais nela dissolvidos. Na verdade, o que se verifica é uma propriedade seletiva, isto é, a água passa de um lado para o outro da membrana com muito mais facilidade do que os sais existentes. A osmose reversa ocorre quando se aplica uma pressão no lado da solução mais salina ou concentrada, revertendo-se a tendência natural. Neste caso, a água da solução salina passa para o lado da água pura, ficando retidos os íons dos sais nela dissolvidos (BOMMER, 2006).

A osmose reversa purifica a água forçando-a a passar por uma membrana semipermeável semelhante às naturais. Os cientistas descobriram que algumas membranas sintéticas exibem a mesma propriedade das naturais. A mais antiga delas é o acetato de celulose, aquele papel transparente que costuma envolver os maços de cigarro. Atualmente, as membranas de osmose reversa mais usadas são as fabricadas de polímeros derivados do petróleo (SCHNEIDER & TSUTIYA, 2001).

A principal função das membranas de osmose reversa é a rejeição de sais, que depende dos seguintes fatores:

- Temperatura: rejeição diminui com o aumento da temperatura;
- Pressão: a rejeição aumenta com o aumento da pressão;
- pH: a rejeição é relativamente constante na faixa de pH de operação da membrana;
- Concentração de sal: a rejeição diminui com o aumento da concentração de sal;
- Rendimento: a rejeição diminui com o aumento do rendimento da membrana.

Antes de passar por essa membrana, a água deve ser muito bem filtrada. Em geral se usam dois elementos filtrantes de polipropileno com graus de retenção

escalonados (5 e 1 micrometro), para retirar sólidos em suspensão, e um cartucho de carvão ativado compacto para retirar o cloro e materiais orgânicos dissolvidos. Os “poros” de filtração da membrana, por serem tão pequenos, fazem com que as substâncias dissolvidas ou em suspensão na água de entrada sejam separadas em nível molecular. Esses “poros” separam também os íons dos demais átomos sem carga elétrica. Assim, os minerais dissolvidos na água são rejeitados pela membrana porque têm carga elétrica e as moléculas da água (H<sub>2</sub>O), que são neutras e muito pequenas, conseguem atravessá-la.

Para que as moléculas de água passem através da membrana, separando-as das outras substâncias, o sistema deve trabalhar sob pressão, que é determinada dependendo da membrana utilizada (a pressão aplicada deve superar a pressão osmótica da solução para separar os sais da água). Caso a pressão da rede hidráulica seja inferior à recomendada, o uso de um pequeno conjunto pressurizador se faz necessário. A água rejeitada pela membrana pode ser reutilizada para muitas outras coisas, como, por exemplo, para regar plantas, ou voltar para a rede de abastecimento (desde que não volte diretamente para o sistema). Dependendo da qualidade da água utilizada inicialmente no processo, o sistema pode rejeitar de 90% a 95% das suas impurezas. A osmose reversa remove eficientemente compostos orgânicos, microorganismos e partículas.

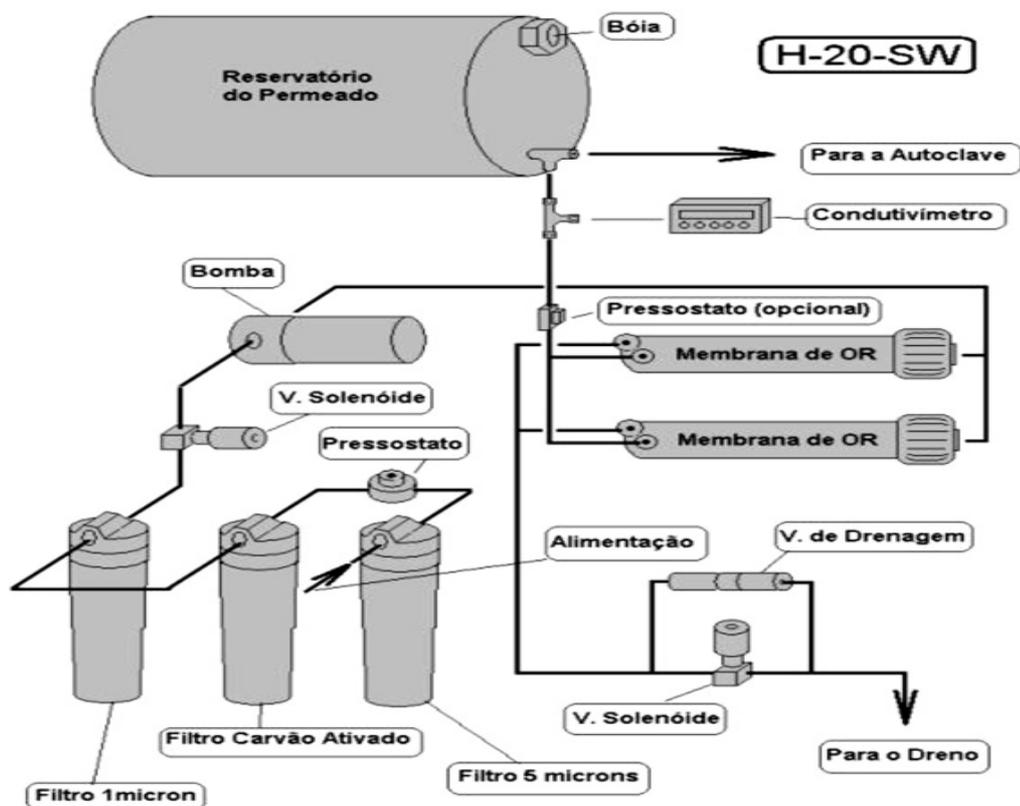
### **3.14 - UTILIZAÇÃO DA OSMOSE REVERSA NA INDÚSTRIA DE ÁGUAS ENVASADAS**

A escassez de água potável ou as más condições higiênico-sanitárias em muitas regiões do planeta tem provocado uma demanda crescente por processos de purificação seguros e econômicos. Assim, o processo de purificação por osmose reversa tem se difundido e seus custos diminuído, viabilizando muitos projetos antes impensáveis.

Segundo Gonzalez (1977 apud Sant’Ana, 2003, p. 74) “...em 1974, em Portugal, a água mineral não carbonatada e engarrafada foi considerada o veículo de transmissão de cólera. Nessa epidemia, aproximadamente 3.000 pessoas foram acometidas”. Isso comprova a exposição da saúde do consumidor aos riscos

provenientes do consumo de águas minerais com qualidade microbiológica duvidosa.

A purificação por osmose reversa é utilizada, por exemplo, para produzir água para hemodiálise, para a preparação de medicamentos injetáveis, para a dessalinização de fontes e, em nosso caso, para padronizar a água industrial utilizada na fabricação de águas adicionadas de sais. Abaixo é mostrada a figura de um equipamento de osmose reversa.



**Fig. 5 - Equipamento de Osmose Reversa**

Fonte: Bommer, 2006

Considerando importante a busca de diferenciação do produto no mercado e buscando levar a percepção do valor da marca ao consumidor, já que é difícil estabelecer um diferencial de paladar entre águas minerais, grandes empresas vêm buscando formas de agregar valor aos seus produtos e, principalmente, tentando se resguardar de problemas com a qualidade da matéria-prima utilizada na fabricação das águas adicionadas de sais, pois é sabido que os países adotam diferentes

padrões de potabilidade de água, o que poderia comprometer o alto padrão de conformidade e qualidade de seus produtos. Sabe-se que países como a Índia já tiveram problemas na água de abastecimento em função de agrotóxicos utilizados na lavoura e que na Bélgica o padrão para brometos é superior ao do Brasil. Essas substâncias em diferentes proporções poderiam causar uma diferenciação nos produtos comercializados, o que não é bem visto, uma vez que as franquias das grandes empresas espalhadas por todo mundo devem elaborar produtos com as mesmas características físicas, químicas e organolépticas e, dessa forma, a Osmose Reversa contribui nesse sentido.

#### **4- CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A questão da escassez, ou seja, da disponibilidade da água ofertada às populações mundiais, juntamente, com as questões ligadas a qualidade, vêm preocupando a comunidade científica do mundo todo. Se por um lado, países desenvolvidos têm procurado fazer a sua parte investindo em saneamento básico e em estações de tratamento de água, por outro, países em desenvolvimento ainda têm muito por fazer, pois quase não investem nessas questões prioritárias ao bem estar e saúde das comunidades. Tais questões deveriam compor as pastas dos investimentos prioritários de qualquer governo em qualquer lugar, seja pelo contexto econômico, se pensarmos nos aspectos de saúde pública, seja pelo contexto social.

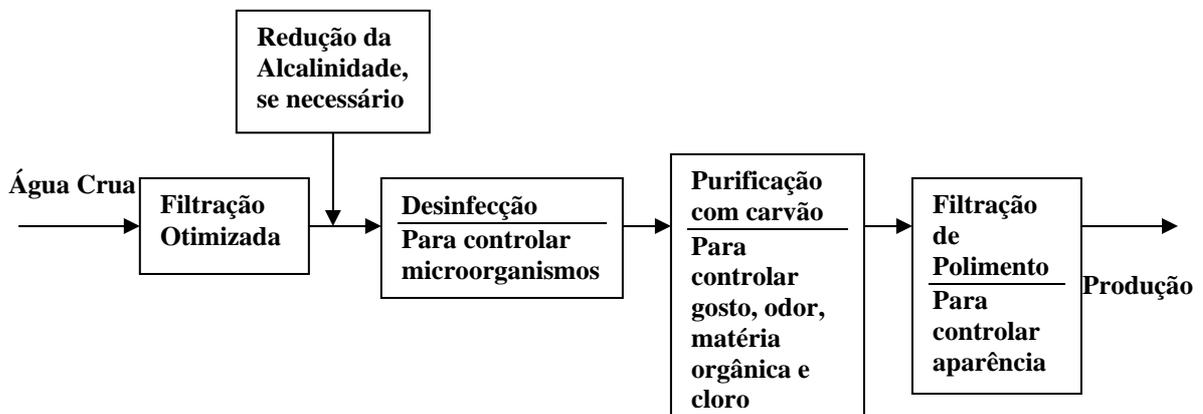
O Brasil vem melhorando o cenário da disponibilidade e qualidade da água de abastecimento, porém, em um ritmo ainda muito lento. Alguns programas do governo federal, como o que incentiva a construção de cisternas nos estados que apresentam escassez de água, servem para minimizar o impacto negativo dessa escassez, principalmente nos estados do nordeste brasileiro, mas pouco se tem feito no tocante aos efluentes domésticos e industriais. Faz-se necessário o investimento maciço em novas tecnologias e em infra-estrutura para melhorarmos situações dramáticas que ocorrem com a falta de saneamento básico, evitando conseqüências como a veiculação de doenças e a contaminação de lençóis freáticos.

O receio com as contaminações química e microbiológica decorrentes, grande parte das vezes, da falta de saneamento básico e da poluição das águas subterrâneas e superficiais, tem influenciado o mercado consumidor para o crescente aumento no consumo de águas minerais e envasadas, que são tidas como produtos mais seguros que a água de abastecimento público. É bem verdade que o consumo per capita/ano nos países europeus e, mais recentemente, nos asiáticos (China e Índia) é quase quatro vezes maior do que o consumo da população brasileira, mas nosso mercado encontra-se em franca expansão.

A crescente demanda de mercado por produtos mais naturais e saudáveis e a insatisfação do consumidor mundial face á água oferecida pelo abastecimento coletivo vêm contribuindo para a implementação de novas tecnologias e pesados

investimentos em infra-estrutura por parte dos grandes grupos das indústrias de bebida e alimentos. Segundo a Zenith Internacional, as dez marcas mais vendidas de água no mundo são: Aqua (2,4%), Wahaha (1,2%), Aga (1,1%), Evian (1,0%), da Danone; Electopura (1,5%) e Aquafina (1,3%), da Pepsi; Cristaline (1,3%) da Castel; Purê Life (1,3%), Poland Spring (1,1%) da Nestlé e a Dasani (0,9%) da Coca-Cola. Juntas, totalizam 13,2% do mercado mundial, correspondendo a um volume de 20 bilhões de litros.

Grandes empresas vêm investindo maciçamente na distribuição de águas envasadas adicionadas de sais, um segmento alternativo às águas minerais. Para esse segmento, no entanto, são necessárias tecnologias que permitam a padronização e a qualidade da água proveniente das estações de tratamento. No caso da Coca-Cola, por exemplo, a água ofertada pelas companhias de abastecimento não é utilizada sem antes passar por um novo tratamento dentro das unidades fabris. A água é novamente tratada (layout abaixo) e segue, já em alguns casos, para a unidade de osmose reversa, que visa purificar e padronizar a matéria-prima que dará origem a água adicionada de sais.



A Osmose Reversa permite tratar a água em nível molecular; portanto, é uma tecnologia que oferece segurança e padronização. Equipamentos de Osmose Reversa ainda possuem um preço elevado (cerca de U\$ 75.000,00 para unidades industriais como do exemplo abaixo), porém, à proporção que a comercialização e a importação dessas unidades tornarem-se mais freqüentes a tendência de viabilidade econômica tende a aumentar.



**Fig. 6 - Equipamento Industrial de Osmose Reversa**

**Fonte: Ampac, 2006**

Vale ressaltar que o papel dos governos municipal, estadual e federal, e aqueles dos demais países, são de suprir a demanda da população com recurso hídrico de boa qualidade. As empresas privadas procuram fazer sua parte investindo em tecnologia e ampliando seus parques industriais para oferecer um nicho de produtos cada vez maior ao mercado consumidor; todavia, grande parte da população mundial ainda não possui acesso a esses produtos, tendo em vista a péssima distribuição de renda da maioria dos países. Portanto, cabe à sociedade civil cobrar de maneira efetiva seus administradores para que viabilizem às suas comunidades esse bem tão essencial à vida humana – a água.

## 5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abinam - O Mercado Mundial de Águas Envasadas e seus Principais Players. Disponível em <http://www.abinam.com.br>. Acesso em: 08 de Julho de 2006.

Ampac - Reverse Osmosis. Disponível em <http://www.ampac1.com>. Acesso em: 26 de Dezembro de 2006.

BATTALHA, Luttermbarck Ben-Hur; PARLATORE, Antônio Carlos. **Controle da Qualidade da Água para Consumo Humano**. São Paulo: CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1977.

Bebidas - Panorama do Setor de Bebidas no Brasil. Disponível em <http://www.bndes.gov.br>. Acesso em: 08 de Julho de 2006.

Bommer - Osmose Reversa. Disponível em <http://www.bommer.com.br>. Acesso em: 08 de Julho de 2006.

CETESB - Variáveis de Qualidade das Águas. Disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br>. Acesso em: 08 de julho de 2006.

COIMBRA, Roberto; Rocha, Ciro Loureiro; BEEKMAN, Gertjan Berndt. **Recursos Hídricos, Conceitos, Desafios e Capacitação – Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL**. Rio de Janeiro. Sindicato Nacional dos Editores de Livros, 1999.

Engarrafador Moderno - Segmento de Atuação. Disponível em <http://www.engarrafadormoderno.com.br>. Acesso em: 08 de Julho de 2006.

FREITAS, Marcelo Bessa e FREITAS, Carlos Machado de. **A Vigilância da Água para Consumo Humano – Desafios e Perpectivas para o Sistema Único de Saúde**. Ciência e Saúde Coletiva, Dez. 2005, volume 10, nº 04, disponível em: <http://www.scielo.br>. Acesso em: 05 de Janeiro de 2007.

FREITAS, Marcos Aurélio Vasconcelos de. **O Estado das Águas no Brasil - Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL**. Brasília. Sindicato Nacional dos Editores de Livros, 1999.

HARDENBERGH, William Andrew. **Abastecimento e Purificação da Água**. 3 ed. Rio de Janeiro : Centro de Publicações Técnicas Aliança, 1964.

Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC 274/2005. Disponível em <http://www.anvisa.gov.br/legis/index.htm>. Acesso em: 17 de Julho de 2006.

Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução Portaria nº 1469/2000. Disponível em <http://www.anvisa.gov.br/legis/index.htm>. Acesso em: 17 de Julho de 2006.

Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução Portaria nº 36/1990. Disponível em <http://www.anvisa.gov.br/legis/index.htm>. Acesso em: 17 de Julho de 2006.

Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução Portaria nº 518/2004. Disponível em <http://www.anvisa.gov.br/legis/index.htm>. Acesso em: 17 de Julho de 2006.

**Normas de Purificação – Serviço de Laboratórios da Diretoria de Saneamento e Urbanismo da Secretaria de Obras Públicas do Estado do Rio Grande do Sul**. Rio de Janeiro, 1963

**Plano Nacional de Recursos Hídricos – Ministério do Meio Ambiente**. Brasília, 2003.

PEREIRA, José Almir Rodrigues. **Saneamento Ambiental em Áreas Urbanas**. Belém: UFPA/NUMA, EDUFPA, 2003.

REBOUÇAS, Aldo da Cunha; BRAGA, Benedito; TUNDISI, José Galizia. **Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação**. 2 ed. São Paulo: Escrituras Editora e Distribuidora de Livros Ltda, 2002.

SANT'ANA, Anderson de S. et al . **Qualidade Microbiológica de Águas Minerais**. Ciência e Tecnologia de Alimentos. Campinas, v. 23, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br>. Acesso em: 07 Janeiro de 2007.

SAUNDERS, Robert J; WARFORD, Jeremy J. **Abastecimento de Água em Pequenas Comunidades: Aspectos Econômicos e Políticos nos Países em Desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Sindicato Nacional dos Editores de Livros, 1983.

SCHNEIDER, René Peter; TSUTIYA, Milton Tomoyuki. **Membranas Filtrantes para o Tratamento de Água, Esgoto e Água de Reuso**. São Paulo: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001.

SILVA, Demetrius David da; PRUSKI, Fernando Falco. **Gestão de Recursos Hídricos; Aspectos Legais, Econômicos e Sociais – Secretaria de Recursos Hídricos**. Brasília, 2000.