



**UNIVERSIDADE PRESIDENTE ANTONIO CARLOS - UNIPAC**  
**CURSO DE TECNOLOGIA EM MEIO AMBIENTE**

**A ESCASSEZ DE ÁGUA NO MUNDO**

**ANDERSON DA SILVA ANTONIO**  
**KÁTIA APARECIDA DE LIMA**  
**Orientador: Gisele Pereira Teixeira**

*Gisele Pereira Teixeira*  
21/12/2009

**JUIZ DE FORA**  
**2009**

**ANDERSON DA SILVA ANTONIO  
KÁTIA APARECIDA DE LIMA**

**A ESCASSEZ DE ÁGUA NO MUNDO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à diretoria do curso de graduação da Universidade Presidente Antonio Carlos – UNIPAC - como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Meio Ambiente, sob a orientação do Prof.º Gisele Pereira Teixeira

**JUIZ DE FORA  
2009**

Agradeço a professora e orientadora Gisele Pereira Teixeira, pelo apoio e encorajamento contínuos na pesquisa, aos demais Mestres da casa, pelos conhecimentos transmitidos, e à Diretoria do curso de graduação da Universidade Presidente Antonio Carlos – UNIPAC - pelo apoio institucional e pelas facilidades oferecidas.

*“Quando o homem aprender a respeitar até o menor ser da criação, seja animal ou vegetal, ninguém precisará ensiná-lo a amar seu semelhante”*

*Albert Schweitzer*

## LISTA DE FIGURAS, QUADROS E TABELAS

Tabela 1 – Distribuição da água pelos seus reservatórios naturais na Terra.....	13
Figura 1 – Distribuição da água na superfície terrestre.....	14
Figura 2 – Ciclo Hidrológico ou Ciclo da Água.....	16
Figura 3 – Histograma de elevação da crosta terrestre demonstrando a cobertura de sua superfície por água.....	18
Figura 4 – Comparação da utilização de água pela agricultura e pela indústria no período de 1900-2025.....	23
Figura 5 – Mapa de Distribuição de Escassez de água pelo mundo.....	24
Figura 6 – Demonstração do declínio de abundancia de água em várias regiões do planeta em função das alterações climáticas.....	28
Figura 7 – Campanha de Ano Novo 2007-2008.....	30
Figura 8 – Demonstração do declínio da disponibilidade de água per capita no período 1950-2025.....	32
Figura 9 – Gráfico demonstrando a disponibilidade de água diminuindo em um século através do cálculo de escassez.....	33
Quadro 1 - Consumo de água per capita.....	32

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	09
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	11
1. CONSIDERAÇÕES IMPORTANTES SOBRE A ÁGUA.....	11
1.1 Conceito e Propriedades Químicas.....	11
1.2 Propriedades físicas e sua distribuição no globo terrestre.....	12
1.2.1 Distribuição da água em suas diferentes formas na superfície terrestre.....	12
1.3 O Ciclo Hidrológico.....	16
2. A ESCASSEZ DE ÁGUA NO MUNDO: CAUSAS .....	18
2.1 Explicando a Escassez de Água e suas Principais Causas.....	19
2.1.1 Principais causas para a escassez de água.....	21
2.1.1.1 A utilização excessiva da água nas atividades de agricultura.....	22
2.1.1.2 Sobre a poluição das águas.....	25
2.1.1.3 Os desmatamentos e a má utilização do solo como influência na escassez de água.....	26
2.1.1.4 Aquecimento global e a influência na esgotabilidade da água.....	28
2.1.1.5 A problemática acerca do desperdício e excesso de consumo de água.....	29
2.2 A mensuração da escassez de água.....	31
3. ESCASSEZ DE ÁGUA NO BRASIL E NO MUNDO: PRINCIPAIS REGIÕES ATINGIDAS.....	34
3.1 A Escassez de Água Mundial e as Regiões mais Atingidas .....	34
3.2 Escassez de Água no Brasil .....	36
4. CONSEQÜÊNCIAS A CURTO E LONGO PRAZO DA ESCASSEZ DE ÁGUA NO MUNDO.....	39
4.1 Disputas pela Água no Mundo.....	39
5. POSSÍVEIS SOLUÇÕES PARA A PROBLEMÁTICA DA DISPONIBILIDADE E ESCASSEZ DA ÁGUA NO MUNDO.....	42
CONCLUSÃO .....	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	45

### RESUMO

Uma das maiores preocupações do século XXI é a escassez de água no planeta, estudiosos já prevêm que em breve a água será causa principal de conflitos entre nações. Há sinais dessa tensão em áreas do planeta como Oriente Médio e África. A quantidade de água doce no mundo estocada em rios e lagos, pronta para o consumo, é suficiente para atender de 6 a 7 vezes o mínimo anual que cada habitante do Planeta precisa. Apesar de parecer abundante, esse recurso é escasso: representa apenas 0,3% do total de água no Planeta. O restante dos 2,5% de água doce está nos lençóis freáticos e aquíferos, nas calotas polares, geleiras, neve permanente e outros reservatórios, como pântanos, por exemplo. Se em termos globais a água doce é suficiente para todos, sua distribuição é irregular no território. Os fluxos estão concentrados nas regiões intertropicais, que possuem 50% do escoamento das águas. Nas zonas temperadas, estão 48%, e nas zonas áridas e semi-áridas, apenas 2%. Além disso, as demandas de uso também são diferentes, sendo maiores nos países desenvolvidos. Assim, o objetivo do presente trabalho é abordar as causas, conseqüências e possíveis soluções para a escassez de água no mundo.

**PALAVRAS-CHAVE:** escassez; água; planeta.

**ABSTRACT**

One of the major concerns of the twenty-first century is the scarcity of water on the planet, experts already predict that soon the water will be the main cause of conflicts between nations. There are signs that tension in areas of the world like the Middle East and Africa. The amount of freshwater in the world stocked in rivers and lakes, ready for consumption, is sufficient to attend from 6 to 7 times the annual minimum that every person on the planet needs. While it may seem plentiful, this resource is scarce: only represents 0.3% of the total water on Earth. The remaining 2.5% is fresh water in groundwater and aquifers, polar ice caps, glaciers, snow cover and other reservoirs, such as wetlands, for example. If the overall fresh water is sufficient for all, its distribution is irregular in the territory. The flows are concentrated in the intertropical regions, which have 50% of the watershed. In temperate zones, are 48%, and in arid and semi-arid, only 2%. Furthermore, the demands of use are also different, being higher in developed countries. The objective of this study is to address the causes, consequences and possible solutions to water scarcity in the world.

**KEYWORDS:** scarcity, water planet

## INTRODUÇÃO

A água é um recurso fundamental para a existência da vida, na forma que nós conhecemos.

Foi na água que a vida floresceu, e seria difícil imaginar a existência de qualquer forma de vida na ausência deste recurso vital. Nosso planeta está inundado de água; um volume de aproximadamente 1,4 bilhão de km<sup>3</sup> cobre cerca de 70% da superfície da Terra.

Apesar disso, muitas localidades ainda não têm acesso a quantidades de água com características de potabilidade adequadas às necessidades do consumo humano.

Dessa forma, a água tem-se demonstrado um bem de extrema relevância para o homem desde a descoberta de que a produção de alimentos dependia da oferta de água usada no cultivo. As cidades que se desenvolveram no Egito antigo, após a revolução agrícola que ocorreu 5 mil anos antes de Cristo, o fizeram próximas a rios que atendessem a suas demandas domésticas e agrícolas. Em seguida, a água corrente também passou a ser utilizada na movimentação de máquinas que cortavam madeira, em moinhos de grãos e finalmente em processos industriais.

A abundante oferta acabou fazendo da água a substância considerada “ideal” a ser utilizada como solvente universal em atividades de limpeza e no transporte de todos os resíduos gerados pelo ser humano.

Por todo o mundo, as cidades estabeleceram-se e foram se desenvolvendo próximas a locais que tivessem grandes cursos d'água, e até hoje, após ser utilizada nas mais diferentes atividades, a água é descartada em um local chamado de “receptor” próximo, onde, na maioria das vezes não passa por nenhum tipo de tratamento.

Em função desse descuido e da utilização descontrolada, mesmo com toda a abundância de água no planeta, percebe-se que mesmo a história antiga é marcada por guerras provocadas pela invasão dos países com água pelos que ficaram sem ela. Esse foi um dos motivos das seculares invasões dos países da região da Mesopotâmia pelos povos de deserto.

Além dos conflitos entre os países, a disputa pela água provoca confrontos internos que envolvem fazendeiros, indústrias, municípios e população. E há grande dificuldade de acordo entre as partes, pois todos parecem ter razão.

Atualmente, já existem algumas regiões do planeta onde conflitos e migrações já são mais visíveis e preocupantes.

Não obstante, é verdadeiro afirmar que o desprezível custo associado ao uso de imensas quantidades de água tem sido um dos pilares do desenvolvimento de nossa sociedade.

Dessa forma, o objetivo da presente dissertação é abordar o tema sobre a escassez de água no mundo, destacando as principais regiões do planeta que passam por este problema, procurando refletir sobre as causas e conseqüências desse fato diante do panorama hídrico global.

Para a presente pesquisa, utilizamos do método investigativo de revisão bibliográfica contando com artigos, textos, livros e outros trabalhos científicos já realizados e disponibilizados acerca do tema.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 1. CONSIDERAÇÕES IMPORTANTES SOBRE A ÁGUA

Além de amplamente abundante no planeta Terra, a água é a substância que existe em maior quantidade nos seres vivos. Representa cerca de setenta por cento do peso do corpo humano. Além de entrar na constituição dos tecidos, a água é o dissolvente que transporta as substâncias não aproveitadas pelo organismo. A falta de água provoca a debilidade ou até a morte dos seres vivos.

Tal como o Sol, a água é essencial para a vida na Terra. As plantas verdes captam a energia radiante solar e utilizam-na no processo da fotossíntese que transforma, por meio de reações químicas, a água, o dióxido de carbono e sais minerais em compostos orgânicos, que são indispensáveis aos seres vivos como fonte de energia e para constituição e renovação das células.

#### 1.1 Conceito e Propriedades Químicas

De acordo com Masterton, Slowinski & Stanitski (2002), a água é um composto químico, que em temperatura ambiente, por volta de 36 a 37°C, apresenta-se no estado líquido, é inodora, incolor, insípida, e considera como solvente universal.

Quimicamente, a água resulta da combinação de dois átomos de hidrogênio com um átomo de oxigênio, que em sua forma mais elementar tem a representação de **H<sub>2</sub>O**. Esta composição foi descoberta por Henry Cavendish, em 1879, a partir da queima do hidrogênio na presença do oxigênio (HOWARD, 1998).

A principal peculiaridade da água, e talvez o que a faça ser tão importante para a vida dos seres vivos seja o fato dela poder ser encontrada na natureza facilmente em três estados distintos, sendo eles: líquido, sólido e gasoso.

Em seu estado sólido ela pode ser encontrada na neve e nas geleiras; no gasoso, através da umidade e do vapor d'água e na sua forma mais comum, que é a líquida, é encontrada nos reservatórios de acumulação, lençóis subterrâneos, oceanos e mares.

## 1.2 Propriedades físicas e sua distribuição no globo terrestre

A água pura, em seu estado líquido, tem como principais propriedades físicas a capacidade de se solidificar a 0° C e se evaporar a 100° C.

Grassi (2001) destaca também a capacidade da água em conduzir e armazenar o calor – condutividade térmica e capacidade calorífica.

Entre outros aspectos, a água tem um elevado calor de evaporação. (...) Enquanto são necessários 0,239J ou 1 kcal para elevar a temperatura de 1g de água de 1°C, esta mesma massa de água exige cerca de 540 vezes mais energia para se evaporar. (...) Estas características são importantes para a existência de vida na Terra, uma vez que a forma líquida é o estado físico predominante da água no globo terrestre (GRASSI, 2001, p.31-32).

Uma outra propriedade da água, pouco usual, porém igualmente importante, é que a forma líquida apresenta uma densidade maior que a forma sólida. Se o contrário fosse verdade, durante o inverno as águas de inúmeros rios e lagos localizados no hemisfério norte de nosso planeta, ao se congelarem, se depositariam no fundo dos mesmos. Sob estas condições, provavelmente não se fundiriam novamente no verão (HOWARD, 1998).

Assim sendo, a mistura que ocorre na primavera e outono desempenha um papel importante na recirculação de nutrientes.

Esta mistura só ocorre porque a água tem sua densidade máxima a 4 °C. Durante o outono, quando as temperaturas das águas de inúmeros lagos caem para valores próximos a 4 °C, as águas superficiais se tornam mais densas que as águas mais profundas e assim se deslocam para o fundo, misturando as espécies dissolvidas, num movimento vertical (HOWARD, 1998, p.55).

É exatamente em função dessas propriedades que se dá a diferenciação da distribuição de água nos seus distintos estados físicos por todo o planeta.

### 1.2.1 Distribuição da água em suas diferentes formas na superfície terrestre

Na Terra, segundo Rebouças (1999), a água apresenta-se em aproximadamente, 1,350 bilhões km<sup>3</sup>, sendo que 97% esta nos oceanos, 2% nas calotas polares e geleiras e 0,001% na atmosfera na forma de vapor (tabela 1).

Tabela 1 – Distribuição da água pelos seus reservatórios naturais na Terra (Fonte: ONU, 2006).

Reservatórios	Volume, km <sup>3</sup>	Percentual, %
Oceanos	1.320.305.000	97,24
Geleiras e calotas polares	29.155.000	2,14
Águas subterrâneas	8.330.000	0,61
Lagos	124.950	0,009
Mares	104.125	0,008
Umidade do solo	66.640	0,005
Atmosfera	12.911	0,001
Rios	1.250	0,0001
Total	1.358.099.876	100

Diante da tabela acima percebe-se que a maior parte da água no globo esta localizada nos oceanos. A água dos mares e oceanos é uma água não-pura, ou seja, é a água salgada, que não está pronta para o consumo dos seres vivos, muito menos dos seres humanos, e não é adequada à sobrevivência da maioria dos seres componentes dos ecossistemas terrestres, como bem coloca Grassi (2001).

Assim, num total de 100%, 97,5 da água do planeta é salgada e encontra-se nos oceanos e mares. Os 2,5% restantes que é o total de água doce existente, divide-se em três partes, sendo que 2/3 estão armazenados nas calotas polares e geleiras. Apenas uma quantia ínfima de 0,77% de toda a água existente no planeta está disponível para o consumo humano e de alguns outros seres vivos, sendo esta encontrada nos rios, lagos, lençóis subterrâneos, incluindo a água presente no solo, na atmosfera, sob a forma de umidade e na biota (figura 1).

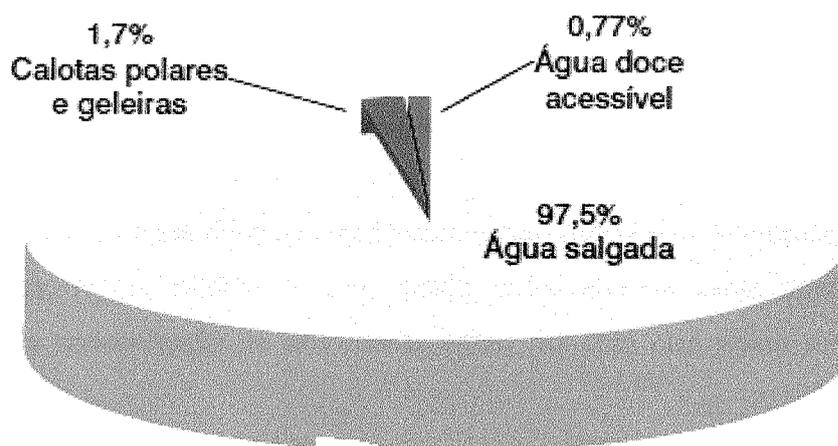


Figura 1 – Distribuição da água na superfície terrestre (Fonte: ONU, 2006).

Como demonstrado na primeira tabela, a água no planeta Terra apresenta-se em diferentes compartimentos, e o volume desta em cada um destes locais vai variando com o passar do tempo em uma rapidez espantosa.

Moraes (2009) coloca que as quantidades de água de precipitação, evaporação, evapotranspiração e escoamento, relativas a determinadas áreas da superfície terrestre, normalmente são expressas em volume, mas podem também traduzir-se pelas alturas de água que se obteriam se essas mesmas quantidades se distribuíssem uniformemente pelas áreas respectivas. Dessa forma, a água perdida pelos oceanos por evaporação excede a que é recebida por precipitação, sendo a diferença compensada pelo escoamento proveniente dos continentes.

Os oceanos se constituem no maior destes compartimentos, onde a água tem um tempo de residência de aproximadamente 3 mil anos. Eles são ainda a fonte da maior parte do vapor d'água que aporta no ciclo hidrológico. Sendo grandes acumuladores do calor oriundo do sol, os oceanos desempenham um papel fundamental no clima da Terra (GRASSI, 2001, p.32).

As geleiras e calotas dos pólos são o segundo maior reservatório de água do planeta, sendo que acumulam água doce, como já dito anteriormente. Como afirma Grassi (2001), o continente da Antártica abrange cerca de 85% do gelo existente no mundo. O restante é encontrado na Groenlândia e no Oceano Ártico.

Com relação às águas subterrâneas, estas podem ser encontradas abaixo da superfície em formações rochosas porosas denominadas de “aquíferos”. Segundo Grassi (2001), essas

águas têm influência e são também influenciadas pela composição química e pelos minerais com os quais tem contato. “Os aquíferos são reabastecidos pela água que se infiltra no solo e eventualmente flui para os reservatórios que se localizam abaixo do seu próprio nível” (GRASSI, 2001, p.32).

Já os corpos de água doce que estão em contato direto com a atmosfera compreendem os reservatórios, lagos, riachos e rios, sendo coletivamente essas águas chamadas de superficiais, e a concentração de sais nessas águas faz com elas sejam separadas em duas categorias.

De acordo com Howard (1998) as águas doces diferenciam-se das águas salinas em função da sua baixa concentração de sais, e são encontradas normalmente nos lagos e rios.

Já as águas salinas são as águas do oceano que, geralmente apresentam níveis de cerca de 35 g.L<sup>-1</sup> de espécies diluídas, entre as quais predominam íons de cloreto e sódio (GRASSI, 2001).

Segundo o autor acima citado, um fenômeno interessante é o encontro entre as águas doces e salinas, que resulta nas regiões de estuários. Nestas regiões, especificamente, é observado um gradiente de salinidade cujos níveis aumentam à medida em que se aproxima da foz do rio em questão.

Os estuários são caracterizados por serem complexos, onde são encontradas espécies particulares dissolvidas que estão sujeitas a alterações bruscas no que refere-se aos ambiente físico e químico. As maiores alterações decorrem de fatores como a salinidade e o pH. Qualquer mudança em um deles pode levar à precipitação de espécies dissolvidas ou ainda à redissolução de materiais que estavam presentes anteriormente em sólidos suspensos ou nos sedimentos. (...) os elementos que não sofrem qualquer alteração durante este processo de mistura, ou seja, aqueles que não se precipitam ou não se dissolvem, apresentam um comportamento que é denominado conservativo. Comportamentos não conservativos resultam da precipitação ou ainda da redissolução de espécies através do estuário (GRASSI, 2001, p.33).

Como afirma Rebouças (1999), do ponto de vista ambiental, um importante reservatório de água doce são os mangues, nos quais os níveis do lençol freático se encontram praticamente na superfície.

Enfim, a atmosfera é o compartimento que contém a menor quantidade de água, além de ser o local onde a água permanece por menor tempo, numa média de 10 dias. Segundo Moraes (2009), a atmosfera contribui para a precipitação da chuva, que em última instância, é a forma através da qual a água que se evapora predominantemente dos oceanos é devolvida à terra.

### 1.3 O Ciclo Hidrológico

Na natureza, a água encontra-se em contínua circulação, fenômeno que é conhecido como ciclo hidrológico ou ciclo da água.

De acordo com Rebouças et al (1999), o ciclo hidrológico, através da evaporação das águas do oceano e, principalmente da precipitação, é responsável pela reposição da água doce que é encontrada na superfície de todo o planeta (figura 2).

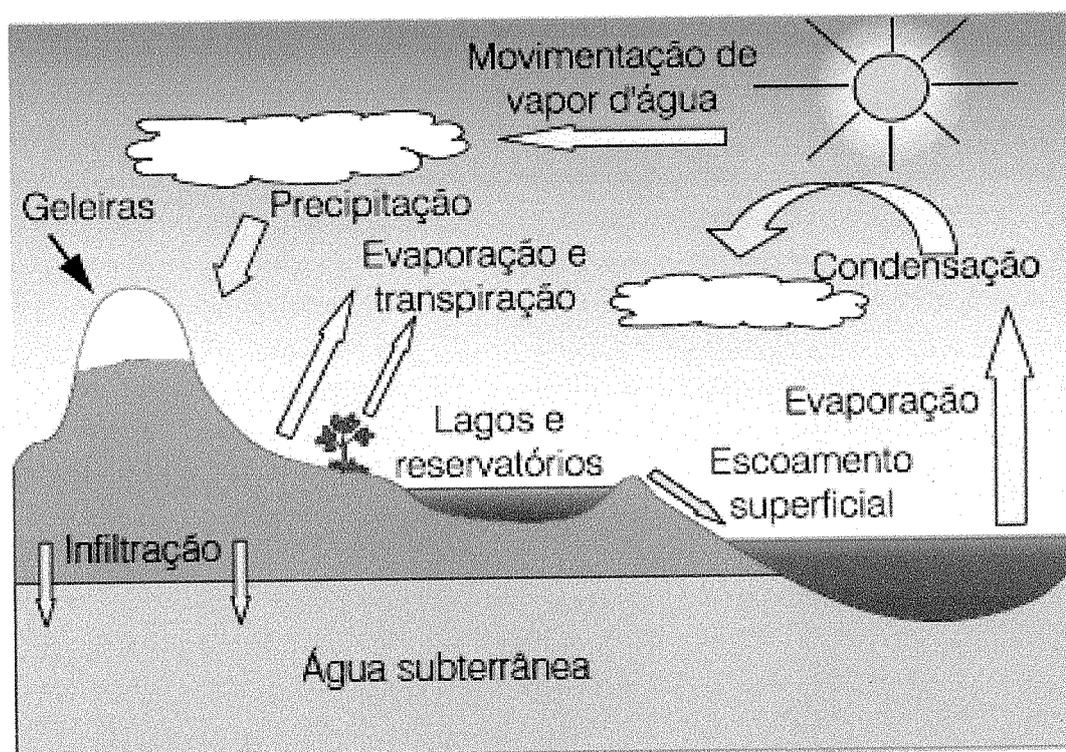


Figura 2 – Ciclo Hidrológico ou Ciclo da Água (Fonte: GRASSI, 2001).

Entretanto, a ocorrência de chuvas pelas regiões do planeta se dá de forma distinta. Como afirma Grassi (2001), as regiões com regimes de precipitação mais abundante dão suporte às florestas mais densas. Já outras regiões apresentam uma ocorrência de chuva praticamente nula e constituem-se em “desertos”. Assim, a quantidade de água que circula pelo planeta também se faz muito variável.

Em regiões com índices elevados de ocorrência de chuva, existe água suficiente para toda a biota natural, assim como para os seres humanos. Entretanto, em regiões mais secas, especialmente aquelas com elevada densidade populacional, existe um número crescente de conflitos em função das necessidades humanas e naturais (GRASSI, 2001, p. 34).

Assim, ao redor do planeta existem inúmeras ocorrências de ecossistemas em situação de estresse em função da escassez de água. Além disso, são também vários os casos de disputas existentes entre países que dispõem da mesma fonte de água que deve atender às demandas oriundas de atividades agrícolas, urbanas e industriais.

Em 2006, a ONU declarou que, numa previsão média de 20 anos haveria uma crise de escassez de água por todo o mundo semelhante a crise de petróleo ocorrida em 1973.

Da mesma forma que ocorreu com o petróleo no passado, a água vem se transformando em uma espécie de *commodity* em crise, e esta perspectiva realista e preocupante deve-se a escassez de água de boa qualidade no futuro.

## 2. A ESCASSEZ DE ÁGUA NO MUNDO: CAUSAS

Dando continuidade ao assunto sobre a quantidade de água existente em nosso planeta, é de se espantar, como nos referimos anteriormente, quando fala-se em crise de escassez de água, contudo esta é uma realidade cada vez mais próxima e nítida em nosso cotidiano.

O que é mais complicado na compreensão da temática acerca da escassez de água no planeta reside no fato de que, desde crianças, nos primórdios do ensino, aprendemos nas aulas de geografia que o planeta Terra é o único planeta do sistema solar recoberto em sua superfície por água, e do total de sua superfície 71% é composto de água, não obstante, a Terra é denominada de planeta azul pelos astrônomos (figura 3).

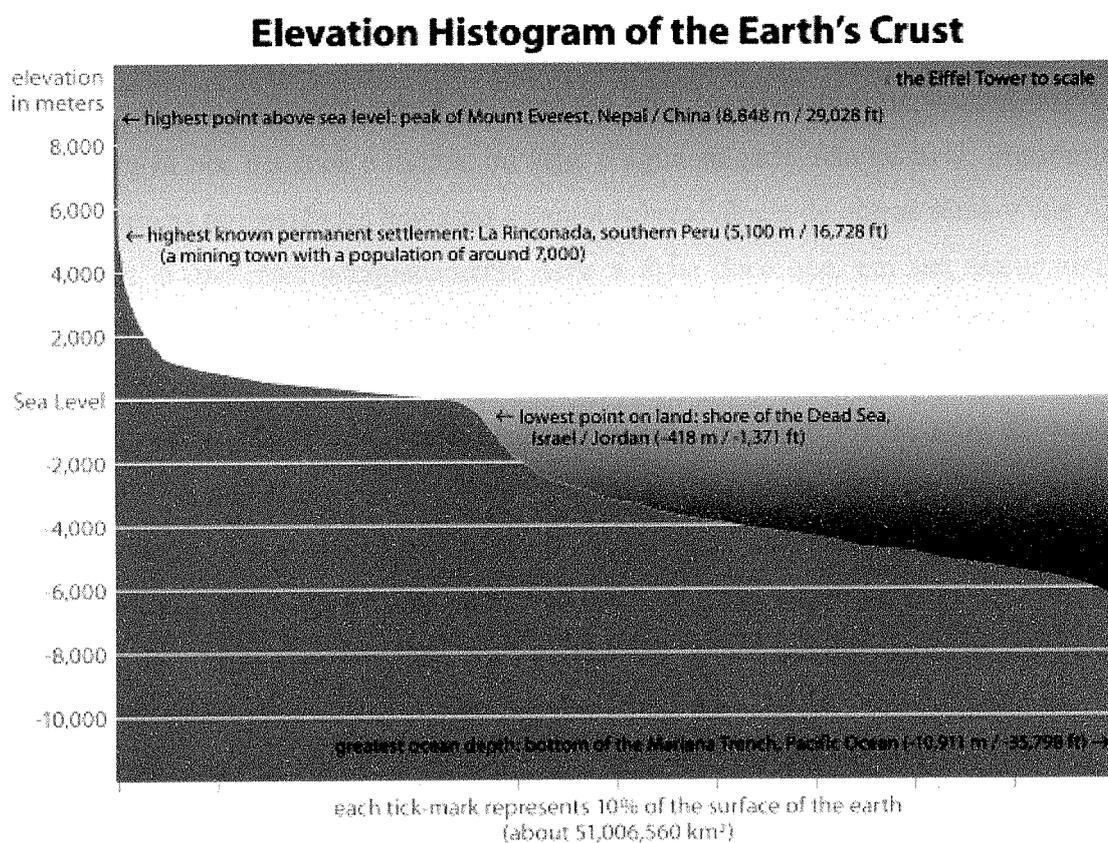


Figura 3 – Histograma de elevação da crosta terrestre demonstrando a cobertura de sua superfície por água (Fonte: HOWARD, 1998).

Dessa forma, para as pessoas das gerações das décadas de 50 até 80, ainda é complicado compreender como pode faltar água num local que é praticamente formado por água, onde ocorrem chuvas torrenciais que inundam, alagam e destroem cidades e, por vezes, populações inteiras. Como pode faltar água, se quando escolhemos um local para passarmos

nossas férias de verão, procuramos cidades a beira mar, e vislumbramos a imensidão azul do mar, com aquela profundidade inimaginável?

Pois é, talvez, em função disso, da falta de informação, de conhecimento, entre outros fatores que, em conjunto vem contribuindo para os problemas relacionados à destruição do meio ambiente é que a escassez de água está se instalando e tornando-se um problema cada vez mais real no único planeta, onde há realmente, a maior quantidade de água em sua superfície em todo o universo.

Assim, faz-se importante fazermos uma breve explicação sobre como pode ocorrer a escassez de água e suas causas, como faremos a seguir.

## 2.1 Explicando a Escassez de Água e suas Principais Causas

Como já dito anteriormente, a Terra possui uma vastidão de água, contudo 97% dessa água encontra-se nos oceanos e mares, ou seja, é água salgada, não potável, imprópria para consumo e para as necessidades humanas e para a sobrevivência de outros seres vivos.

Assim, o que resta adequadamente seria a água doce que, em sua maior parte está contida em forma de geleiras na Antártida, ou nas camadas subterrâneas do subsolo em forma de lençóis freáticos e aquíferos, restando ao consumo humano as águas dos rios e lagos (REBOUÇAS et al, 1999). Essa quantidade representa apenas 0,3% do total de volume de água existente em todo o planeta.

Entretanto, há que se colocar o fato de que a água, contrariamente a outros produtos como o petróleo - antes citado para compararmos a questão relativa a crise -, é um recurso facilmente e de infinita renovação, pois possui um ciclo natural, como já apresentamos também, através de sua evaporação, advinda das águas do mar, pelo aquecimento do calor do sol, precipitação nas camadas mais frias acima das nuvens na atmosfera, e retorno através das chuvas, acumulando-se nos rios e lagos de água doce.

Em função deste ciclo hidrológico, como bem coloca Grassi (2001), é que pode-se afirmar que a água não vai acabar, mas as reservas disponíveis para a existência e manutenção da vida no planeta estão extremamente limitadas.

O sistema hidrológico do planeta Terra bombeia e transfere anualmente para o solo aproximadamente 44 mil km<sup>3</sup> de água, o equivalente a 6.900 m<sup>3</sup> por cada habitante do planeta. Uma grande parte desta água não corresponde a caudais de cheias

incontroláveis ou a água demasiado inacessível para poder ser utilizado pelo homem. (...) o mundo dispõe de mais água do que 1,7 m<sup>3</sup> por pessoas definidos pelos especialistas – embora seja arbitrário –, convencionando-se como a quantidade mínima necessária para garantir a alimentação, manter as indústrias em funcionamento e conservar o meio ambiente (ONU, 2006, p. 134-135).

A grande problemática é a má distribuição da água disponível pelo território terrestre, e é isso que vem ocasionado, já a princípio, a preocupação dos especialistas em meio ambiente e em questões sociais, que prevêem uma guerra na disputa por esse produto. Segundo a ONU (2006), a média internacional determinada para o consumo de água por habitante acaba sendo um dado sem importância, quase comparados aos dados de saúde mundial. Numa análise total da água disponível, ainda há quantidade suficiente para as demandas mundiais, contudo, alguns países possuem muito mais água disponível que outros, que praticamente não tem nenhuma.

(...) cerca de ¼ das provisões de água doce encontram-se no Lago Baikal, situado na região escassamente povoada da Sibéria. O desnível das reservas das diversas regiões e, mesmo, no interior destas, contribui para acentuar ainda mais o problema da distribuição. Dispondo de 31% dos recursos universais de água doce, a América Latina tem 12 vezes mais água por habitante do que o sul da Ásia. (...) Algumas regiões como o Brasil e o Canadá, dispõem de mais água do que aquela que conseguem consumir; outras, como alguns países do Oriente Médio, possuem menos do que necessitam. O Iêmen, um país pressionado pela escassez de água – 198 m<sup>3</sup> por pessoa – não ganha nada com o fato do Canadá ser abundante em água doce – 90 mil m<sup>3</sup> por pessoa. (...) algumas regiões que lutam com falta de água na China e na Índia em nada beneficiam com o fato das reservas de água da Islândia serem 300 vezes superiores ao limiar de 1700 m<sup>3</sup>. (ONU, 2006, p.135).

Diante disso, a preocupação na identificação das causas na diminuição da disponibilidade de água própria para o consumo humano e de outros seres vivos vem sendo alvo de estudos e campanhas há um bom tempo, por todo o mundo, principalmente em períodos de estiagem, onde não há chuva, e, portanto, o ciclo hidrológico sofre diminuição em seu ritmo.

Assim, faz-se importante em determinadas áreas dispor de reservas de água que possam abastecer a população em períodos de estiagem. Como expõem Rebouças et al (1999), infelizmente, a precipitação é um fenômeno sazonal que varia conforme o espaço e o tempo, e o ser humano deve dispor de recursos para driblar essas intempéries.

(...) o interior dos países que sofrem com problemas relativos a falta de precipitação sazonal devem dispor de reservas locais com infra-estrutura para o abastecimento de água da população, como ocorre no norte da China, por exemplo. No Brasil, que apesar de contar com as maiores reservas de água do mundo, paralelamente também apresenta um vasto polígono de pessoas que residem em áreas secas e

semi-áridas, onde ocorre falta de água crônica, em função da sazonalidade das precipitações. (...). Se forem associados a isto a infra-estrutura de armazenamento limitadas e bacias hidrográficas mal protegidas, estas oscilações acabam por expor milhares de pessoas à ameaça ora da seca ora das cheias (REBOUÇAS et al, 1999, p.40).

Segundo explica Tocchetto & Pereira (2005), a questão do tempo também deve ser considerada quando pensa-se na disponibilidade e na escassez da água. Em países ou áreas que dependem de estações de chuvas mais curtas ou monções, as médias nacionais acabam transmitindo uma informação errônea sobre a real disponibilidade de água existente.

Como exemplo disso tem-se a Ásia, que em sua maior porção recebe 90% de suas chuvas anuais num espaço de tempo menor que 100 horas, o que provoca imenso risco de escassez de água, e paralelamente de intensas cheias em alguns períodos do ano e seca prolongada no restante do tempo, que constitui a maior parte do período. Assim, as verdadeiras disponibilidades durante todo o ano não são dependentes unicamente da precipitação, mas também da disposição de armazenagem e do ritmo que os caudais dos lagos e rios e as águas subterrâneas estão sendo repostas (TOCCHETTO & PEREIRA, 2005).

### 2.1.1 Principais causas para a escassez de água

Como já afirmado, a problemática da água refere-se a sua indisponibilidade como água doce, potável, própria para o consumo e utilização humana e sobrevivência de outros seres vivos.

Dessa forma, as principais causas relacionadas à sua escassez, nos dias atuais, são destacadas, segundo Moraes (2009), à má utilização e ao desperdício da água.

Entretanto, temos que analisar, e corroborar com Dajoz (1983) que, sendo a água um recurso da natureza, sua problemática relaciona-se a todos os fatores prejudiciais que incidem sobre o meio ambiente, e entre eles podemos citar:

- Degradação ambiental;
- Desmatamentos;
- Poluição de mares e rios;
- Poluição do ar;
- Má utilização da terra e solo;
- Desperdício e má utilização da água doce;

- Falta de infra-estrutura na utilização de água no que refere-se a sua utilização em indústrias, agricultura e outras atividades;
- Falta de investimento e tratamento de água adequado por parte do governo.

#### 2.1.1.1 A utilização excessiva da água nas atividades de agricultura

Grassi (2001) destaca, com muita sabedoria, que em todo o mundo, a agricultura é uma atividade existente e amplamente desenvolvida, seja ela de subsistência ou como produção, e sem dúvida, é a atividade econômica que mais utiliza água através da irrigação – cerca de 65% da água doce existente em todo o planeta. Contudo, o tipo de utilização da água feito pela agricultura não permite que esta seja reutilizada, sendo chamado de “consuntivo”, ou seja, “a água utilizada para irrigação não retorna ao local de onde ela veio não ficando disponível” (GRASSI, 2001, p.33).

Contrariamente, as atividades que utilizam a água provenientes das indústrias são denominadas “não-consuntivas”, pois mesmo contaminada, após ser utilizada, a água retorna a sua fonte, permanecendo disponível (GRASSI, 2001).

Dessa forma, tanto a agricultura quanto as atividades industriais consomem em média 23% da água disponível no planeta, e o ser humano, através do uso direto, consome 8% do total desta (figura 4).

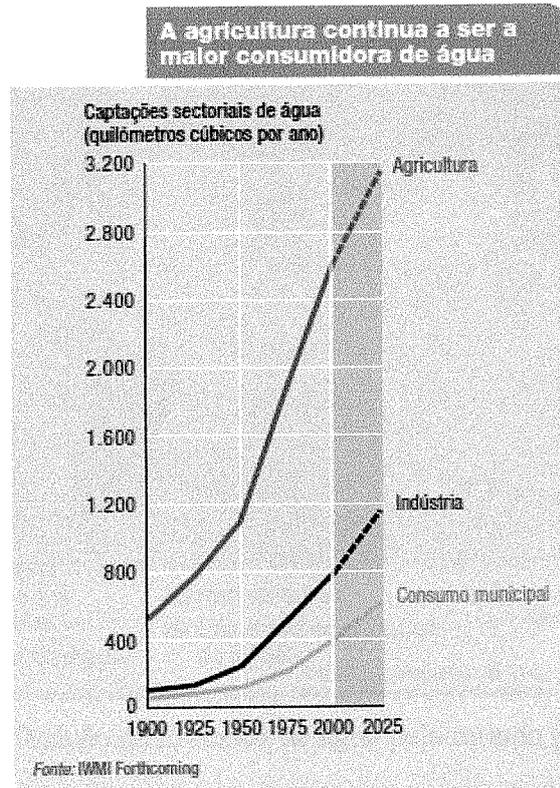


Figura 4 – Comparação da utilização de água pela agricultura e pela indústria no período de 1900-2025 (Fonte: ONU, 2006).

De acordo com um estudo publicado pela BBC Brasil (2006), a agricultura é, em várias regiões do planeta a maior vilã no consumo de água, consumindo até 70 vezes mais água na produção de alimentos do que utiliza-se em residências, incluindo a água usada para beber, cozinhar, lavar e para banhos. Em função da expansão das áreas de cultivo por todo o mundo e aumento crescente da demanda por alimentos, essa é uma situação que vem preocupando os especialistas em gestão de água.

O estudo com os dados acima foi realizado pelo *International Water Management Institute* – IWMI – Instituto Internacional de Gerenciamento de Água, que elaborou ainda um mapa (figura 5) e um relatório que foram apresentados em agosto de 2006 na Semana Mundial da Água na Suécia, na cidade de Estocolmo.

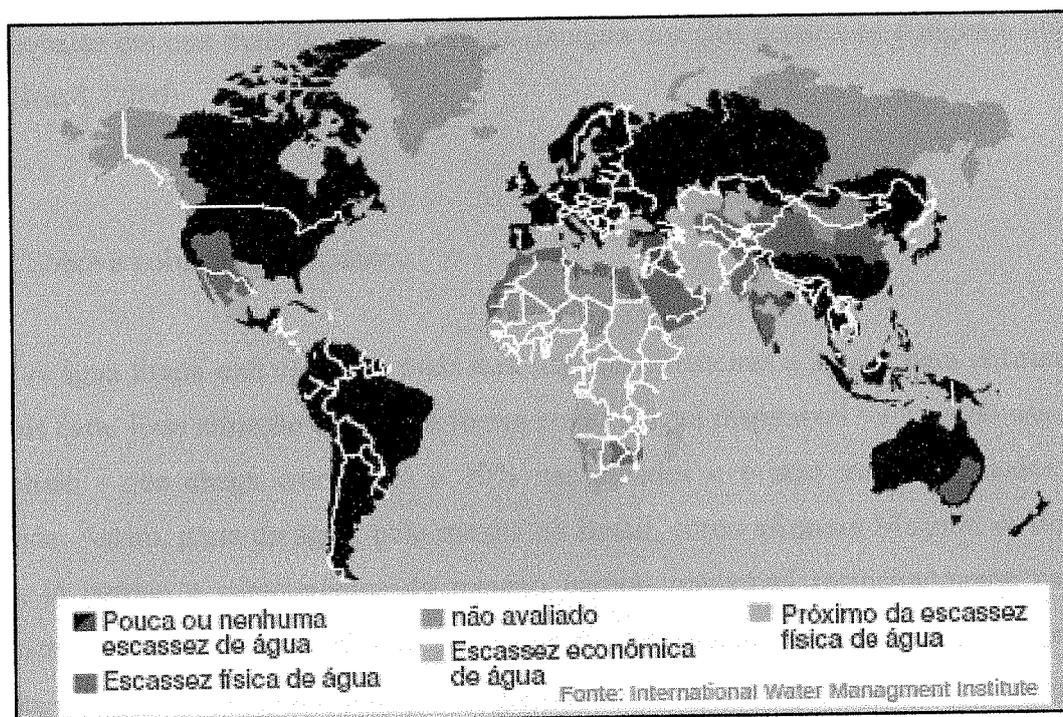


Figura 5 – Mapa de Distribuição de Escassez de água pelo mundo (Fonte: BBC Brasil, 2006)

Segundo o relatório do IWMI, a escassez de água pode ser classificada em dois tipos: a econômica e a física. A escassez econômica que, segundo o mapa acima ocorre em grande parte do continente africano, deve-se à falta de investimentos e caracteriza-se pela pobre infra-estrutura e desigual distribuição de água entre as áreas do planeta.

Já a escassez física, identificada no mapa como ocorrendo em algumas regiões da América do Norte, Ásia, África e Europa, se dá quando os recursos hídricos não são suficientes para atender às necessidades da população, ocorrendo esta situação nas regiões mais áridas do planeta (BBC Brasil, 2006).

Com relação às áreas do mapa, há que se comentar ainda que os locais demarcados como havendo pouca ou nenhuma escassez de água, como na América do Sul, maior parte da América do Norte, Groenlândia e parte da Europa, são descritas pela IWMI como possuindo “recursos hídricos abundantes relativos ao uso, e tendo menos de 25% de água dos rios retirada para uso humano”. Nos locais onde há escassez econômica de água, os recursos hídricos apresentam-se abundantes em relação com consumo de água, tendo também menos de 25% da água dos rios retirada para uso humano. Contudo, são regiões que poderiam se beneficiar se houvesse implantação de fontes adicionais de água tratada, mas isso não ocorre por falta de recursos financeiros. Nas regiões classificadas com escassez física de água, é definido que mais de 75% do fluxo proveniente dos rios destina-se à agricultura, uso doméstico e indústria, e as regiões que estão próximas a escassez física de água, são definidas

como aquelas em que mais de 60% do fluxo da água dos rios destina-se à alguma atividade. (BBC Brasil, 2006).

#### 2.1.1.2 Sobre a poluição das águas

A água limpa está cada vez mais rara nas áreas costeiras e a água para consumo cada vez mais cara. Essa situação resulta da forma como a água disponível vem sendo usada: com desperdício - que chega entre 50% e 70% nas cidades -, e sem muitos cuidados com a qualidade. Assim, parte da água, pelo menos no Brasil, como afirmam Magossi & Bonacella (1990), já perdeu a característica de recurso natural renovável (principalmente nas áreas densamente povoadas), em razão de processos de urbanização, industrialização e produção agrícola, que são incentivados, mas pouco estruturados em termos de preservação ambiental e da água.

Segundo Grassi (2001), a qualidade da água em todo o planeta vem sofrendo crescente deterioração, principalmente nas últimas cinco décadas. Esses problemas foram intensificados após a Segunda Guerra Mundial, quando aumentaram os processos de urbanização e industrialização.

Nas cidades, os problemas de fornecimento estão diretamente relacionados ao crescimento da demanda, ao desperdício e à urbanização descontrolada – que atinge regiões de mananciais. Na zona rural, os recursos hídricos também são explorados de forma irregular, além de parte da vegetação protetora da bacia (mata ciliar) ser destruída para a realização de atividades como agricultura e pecuária (TOCCHETO & PEREIRA, 2005).

A poluição das águas é, principalmente, fruto de um conjunto de atividades humanas. E os poluentes alcançam águas superficiais e subterrâneas de formas bastante diversas. (...) Fontes pontuais compreendem a descarga de efluentes a partir de indústrias e estações de tratamento de esgoto, dentre outras. Estas fontes são de identificação fácil e, portanto podem ser facilmente monitoradas e regulamentadas. É relativamente fácil determinar a composição destes resíduos, assim como definir seu impacto ambiental. (...) ao contrário, as fontes difusas apresentam características diferenciadas, se espalhando por inúmeros locais, sendo particularmente difíceis de serem determinadas, em função das características intermitentes de suas descargas e também da abrangência sobre áreas extensas (GRASSI, 2001, p.34-35).

Não raramente, como afirma Branco (1997), os agrotóxicos e detritos utilizados nessas atividades também acabam por poluir a água. A baixa eficiência das empresas de abastecimento se associa ao quadro de poluição: as perdas na rede de distribuição por roubos

e vazamentos atingem entre 40% e 60%, além de 64% das empresas não coletarem o esgoto gerado.

A água empregada para resfriar os equipamentos nas usinas termelétricas e átomo-elétricas e em alguns tipos de indústrias também causa sérios problemas de poluição. Essa água, que é lançada nos rios ainda quente, faz aumentar a temperatura da água do rio e acaba provocando a eliminação de algumas espécies de peixes, a proliferação excessiva de outras e, em alguns casos, a destruição de todas (BRANCO, 1997, p.27-28).

Ainda há que citar a questão referente ao saneamento básico que, de acordo com Rebouças et al (1999), não é adequadamente implementado, sendo isto demonstrado através dos 90% dos esgotos domésticos e dos 70% dos afluentes industriais que são despejados sem nenhum tratamento nos açudes, rios e águas do litoral, o que vem gerando um elevado nível de degradação ambiental.

Segundo Moraes (2009), algumas estratégias podem ser adotadas para controlar a poluição aquática. Entre elas, as principais são: a redução da poluição na fonte e o tratamento dos resíduos de maneira a remover os contaminantes, ou mesmo convertê-los a uma forma menos nociva.

O tratamento dos resíduos tem sido a melhor opção no caso de contaminantes de fontes pontuais. A redução na fonte pode ser aplicada a contaminantes provenientes de ambas as fontes, tanto pontuais quanto difusas (MORAES, 2009, p.42).

#### 2.1.1.3 Os desmatamentos e a má utilização do solo como influência na escassez de água

Conforme afirma Howard (1998), enquanto há uma cobertura florestal intacta, a taxa de infiltração de água decorrente das precipitações no solo é máxima. Isso significa que, no âmbito de uma floresta qualquer, a copa das árvores e a camada de matéria orgânica depositada sobre o solo são de fundamental importância para a manutenção das ideais condições para que o processo de infiltração da água das chuvas ocorra devidamente.

O processo de infiltração de água, segundo Branco (1997), é relevante na manutenção dos aquíferos e maiores suprimentos dos lençóis freáticos, onde encontra-se grande parte da água doce do planeta.

Em áreas mais compactadas, seja pelo manuseio excessivo do solo, utilização de maquinário mais pesado, ou mesmo pelo pisoteio dos animais, a infiltração ocorre de forma diminuída quando comparada às áreas de florestas densas.

Dessa forma, quanto maior o desmatamento e o pastoreio excessivo, menor será a capacidade do solo em atuar como “esponja” e menor será a absorção da água das precipitações, que poderiam liberar lentamente seu conteúdo. Sobre isso, Cunha et al (1993, p.32) afirmam que:

Na ausência de coberturas vegetais, e com solos compactados, a tendência das chuvas é escorrer pela superfície e escoar rapidamente pelos cursos de água, trazendo como principal consequência as inundações, aceleração no processo de erosão e diminuição das estabilidades dos cursos de água, que ficam reduzidos fora do período de cheias, comprometendo as atividades de pesca e agricultura.

Tucci (1993) afirma também que uma cobertura florestal adequadamente boa ainda favorece o controle dos processos erosivos, processos estes que podem causar um grande acúmulo de sedimentos nos cursos de água e assoreamento dos rios, o que leva a elevação dos leitos e ocasiona possíveis enchentes.

Com relação às matas ciliares, que desenvolvem-se a beira de rios e nascentes, estas atuam como verdadeiros “filtros” protegendo os córregos, nascentes e rios, impedindo a invasão de terra e lixo, evitando o assoreamento, o que se vier a ocorrer, polui cada vez mais essas fontes de água doce, chegando a levar ao aterramento completo dos rios, como já ocorrido em muitos, em função do desmatamento descontrolado.

As matas ciliares constituem um conjunto de vegetação que se desenvolvem ao longo das margens dos rios, riachos e córregos e são responsáveis pela proteção da qualidade da água, pois removem o material em suspensão, poluentes e substâncias tóxicas como herbicidas e pesticidas que são usados na agricultura para a eliminação de pragas. Essas nascentes abastecem os riachos, córregos e cursos de água, que por sua vez abastecem os rios. (...) se não houver a proteção das matas ciliares, não haverá água para os rios, que irão secar (BRANCO, 1997, p.46).

Dessa forma, é indiscutível o impacto dos desmatamentos e da chamada “desertificação” na temática da escassez da água, principalmente no que refere-se ao Brasil e a Amazônia, onde o desmatamento ilegal ainda não conseguiu ser erradicado, muito menos controlado pelas autoridades responsáveis, o que pode auxiliar e muito numa futura escassez de água, que a princípio, não é muito considerada em nosso país.

#### 2.1.1.4 Aquecimento global e a influência na esgotabilidade da água

Conforme afirma Sanchez (2006), o aquecimento global que consiste num dos impactos ambientais mais preocupantes aos especialistas em meio ambiente, refere-se ao aumento da temperatura média da superfície da Terra. O aquecimento global é ocasionado por inúmeros problemas incluindo a emissão de gases poluentes que destroem a camada de ozônio, os desmatamentos excessivos, entre outros, e como consequência, influencia diretamente na temática da escassez de água no planeta.

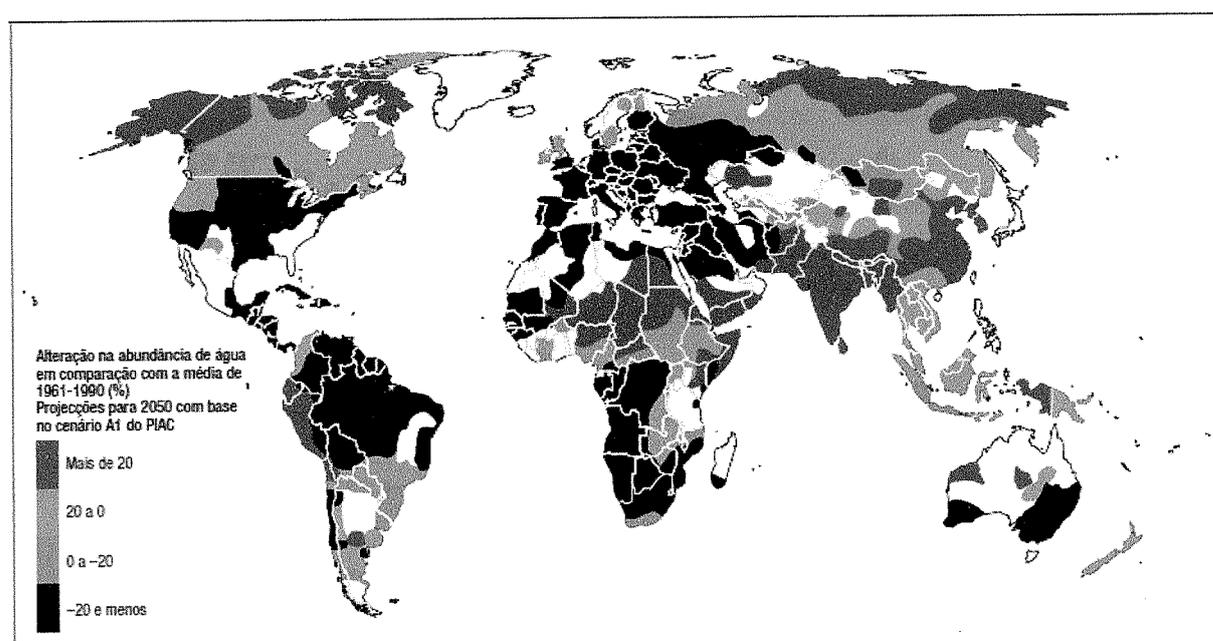


Figura 6 – Demonstração do declínio de abundancia de água em várias regiões do planeta em função das alterações climáticas (Fonte: ONU, 2006).

Por causa do aquecimento global, as alterações climáticas, que já vem ocorrendo por todo o mundo vem ocasionado mudanças nos regimes de chuvas, o que afeta plantações e florestas (figura 6). Isto significa que, a chuva, como fonte de água doce, quando vinda descontroladamente, acaba não sendo aproveitada da maneira que deve ser. As florestas que necessitam dela para sobreviver, estão morrendo, por não receberem a quantidade de água suficiente, incorrendo no problema acima citado, como ocorre nos desmatamentos.

O mesmo ocorre com as plantações, que apresentam o agravante de que, sem a chuva, forçam os produtores a aumentarem o processo de irrigação que, como já dito, não possibilita o reaproveitamento da água.

Outra problemática referente a elevação da temperatura global na influencia da escassez de água está no derretimento das geleiras e calotas polares, onde encontram-se parte da água doce existente no planeta. Além disso, com o derretimento das geleiras e das calotas, os níveis dos mares vão aumentar, causando maremotos e inundações nas cidades (TORO & WERNECK, 1995).

Há que se destacar também que, os locais que, naturalmente são áridos ou semi-áridos, com o aumento da temperatura global, em média, como publicado pela ONU (2006), de 2°C, tenderão a virar verdadeiros desertos e serem assolados completamente pela seca.

(...) um aumento de 2°C poderia submeter até 2 bilhões de seres humanos a uma escassez de água. Desse total, de 350 a 600 milhões estariam na África e de 200 milhões a 1 bilhão na Ásia. Contudo, se a temperatura mundial se elevar 4°C, até 3,2 bilhões de pessoas sofrerão com a escassez de água (ONU, 2006, p.141).

Além disso, Kiperstok et al (2002) destacam que, com a elevação das temperaturas na Terra, a multiplicação das tempestades aumentaria as inundações, o que favoreceria a contaminação dos recursos de água doce existentes.

#### 2.1.1.5 A problemática acerca do desperdício e excesso de consumo de água

Como abordado anteriormente, no item sobre a utilização excessiva da água na irrigação na agricultura, sem dúvida alguma, e de acordo com todos os autores consultados (ONU, 2006; GRASSI, 2001; REBOUÇAS, 2003; MORAES, 2009), o grande “desperdício” de água de boa qualidade se dá em função de sua utilização cada vez maior na agricultura, pois a água utilizada para irrigação não pode ser reaproveitada, pois não retorna ao seu local de origem.

Além disso, com relação à irrigação, segundo as previsões feitas pela Organização das Nações Unidas e pelas convenções da Agenda 21, avaliando países superpopulosos e pobres, como é o caso dos países do sul da África e alguns países da Ásia, e regiões naturalmente áridas do globo terrestre, comparando-se com as situações e agressões ocorridas ao meio ambiente, o que nota-se é o aumento na utilização da água na agricultura em função do aumento da produção de alimentos, ou seja, aumenta-se mais o gasto de água de boa qualidade, sem que esta pode ser reaproveitada, não havendo nestas regiões, em especial, uma renovação natural, principalmente através de precipitações.

Além disso, Setti (1994) destaca que há mais de um século, o consumo de água vem crescendo em um ritmo muito mais acelerado do que a própria população mundial, tendência esta que irá se manter ainda por alguns anos.

Nos últimos cem anos, a população quadruplicou, enquanto o consumo de água cresceu pelo fator sete. À medida que o mundo vai enriquecendo, também se torna mais sequioso de água. (...) Os padrões de água também se alteraram. Há duas décadas, a atividade industrial utilizava 6% das reservas de água mundiais. Atualmente, esse valor aumentou quatro vezes mais. Nesse mesmo período, a percentagem de água consumida pelos municípios triplicou, atingindo 9% (ONU, 2006, p.137).

Sendo assim, Rebouças (2003) expõe que a questão do desperdício de água na utilização diária desta, e que é tema de campanhas incansáveis nos meios de comunicação há pelos menos uma década (figura 7).

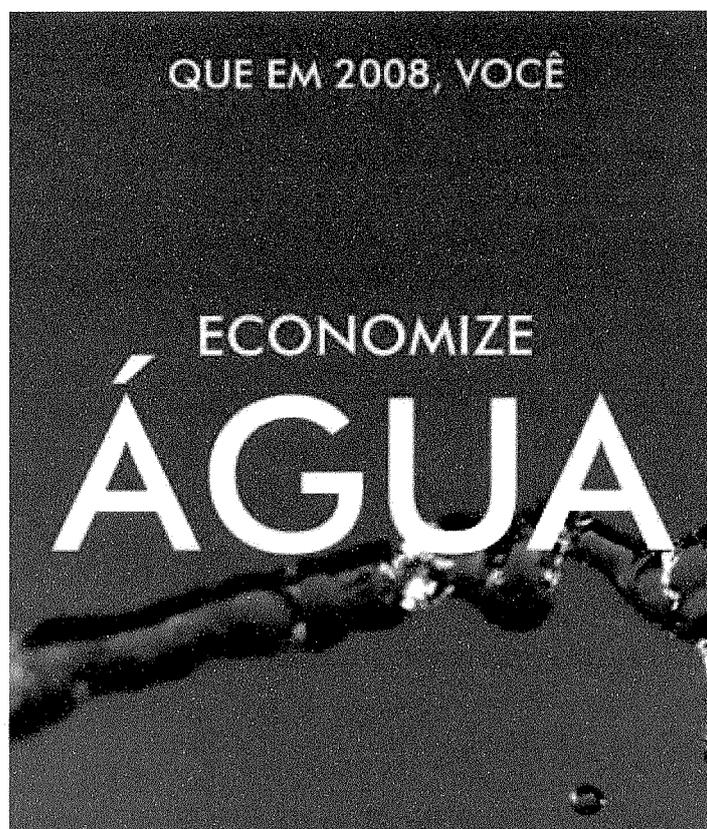


Figura 7 – Campanha de Ano Novo 2007-2008 (Fonte: <http://jakutinga.zip.net/images/água.JPG>).

Alguns programas desenvolvidos pelos municípios maiores como São Paulo, como o PURA – Programa de Uso Racional da Água – que tem parceria com a USP, demonstra o desperdício de água atingindo níveis inimagináveis dentro do contexto vivido atualmente.

Atividades comuns como banhos prolongados, lavação de calçadas e pátios, lavação de carros utilizando jatos de mangueiras, utilização de bacias sanitárias que demandam em média 20 litros de água por descarga, sendo que podem ser substituídas por outras mais econômicas já existentes no mercado, uso de equipamentos sanitários obsoletos, que possuem descarga de água permanentemente aberta, utilização de água tratada em atividades que não necessitam de água potável, como irrigação de gramados esportivos ou utilização de água potável em processos industriais, como torres de resfriamento, são poucos exemplos de desperdício da água, perto dos muitos que ainda existem (REBOUÇAS, 2003, p.3).

Rebouças (2003) ainda coloca a questão do consumo de água per capita, que varia entre os países e as regiões, e demonstra-se maior nos países desenvolvidos (quadro 1).

PAÍS	CONSUMO DE ÁGUA PER CAPITA
Escócia	410 litros/pessoa/dia
Estados Unidos/Canadá	300 litros/pessoa/dia
Austrália	270 litros/pessoa/dia
Brasil RJ	140 litros/pessoa/dia
Brasil MG	124 litros/pessoa/dia
Brasil DF	225 litros/pessoa/dia
Brasil Norte	140 litros/pessoa/dia

Quadro 1 - Consumo de água per capita (Fonte: REBOUÇAS, 2003).

Segundo o quadro acima, percebe-se que o consumo em países mais desenvolvidos como o Canadá, Austrália e Estados Unidos apresentam consumos de água per capita maiores que o Brasil, sendo que no nosso país, o maior consumo é observado no Distrito Federal.

## 2.2 A mensuração da escassez de água

De acordo com Tucci (1993), o cálculo do grau de risco de escassez de água de dada região é realizado pelos especialistas utilizando como parâmetros a equação *água/população*. Contudo, como já foi convencionalmente adotado, conforme a ONU (2006) colocou que o 1,7 mil m<sup>3</sup> por pessoa seria o limite mínimo no Brasil para que fossem atendidas às demandas referentes à agricultura, energia, indústria e meio ambiente.

Assim, uma disponibilidade menor que 1 mil m<sup>3</sup> denota uma situação de escassez de água, abaixo dos 500 m<sup>3</sup> considera-se uma escassez absoluta (TUCCI, 1993).

Atualmente, cerca de 700 milhões de pessoas advindas de 43 países vivem abaixo do limiar mínimo que define a situação de falta de água. Dispondo de uma reserva

anual média de, aproximadamente, 1,2 mil m<sup>3</sup> por pessoa, o Oriente Médio é a região do planeta mais atingida pela pressão de falta de água, somente o Irão, o Iraque, o Líbano e a Turquia encontram-se acima do limite mínimo. Os palestinos da faixa de Gaza passam pela crise mais aguda de falta de água do mundo inteiro, tendo apenas 320 m<sup>3</sup> de água disponível por pessoa. A África Subsariana tem o maior número de países pressionados pela falta de água de toda daquela zona. Quase um quarto da população da África Subsariana habita em países atualmente sujeitos à pressão da falta de água — e essa percentagem tem vindo a aumentar (ONU, 2006, p.135).

Com muitos dos países mais atingidos pela pressão da falta de água a registarem taxas de crescimento populacional muito elevadas, as reservas per capita têm vindo a diminuir rapidamente. Tomando o ano de 1950 como marco, a distribuição do crescimento global da população tem vindo a modificar, de forma acentuada, as disponibilidades de água per capita. Enquanto as reservas estabilizaram nos países ricos, na década de 70, nos países em desenvolvimento elas continuam a diminuir, e em particular nos países em desenvolvimento de clima árido (figura 8) (ONU, 2006).

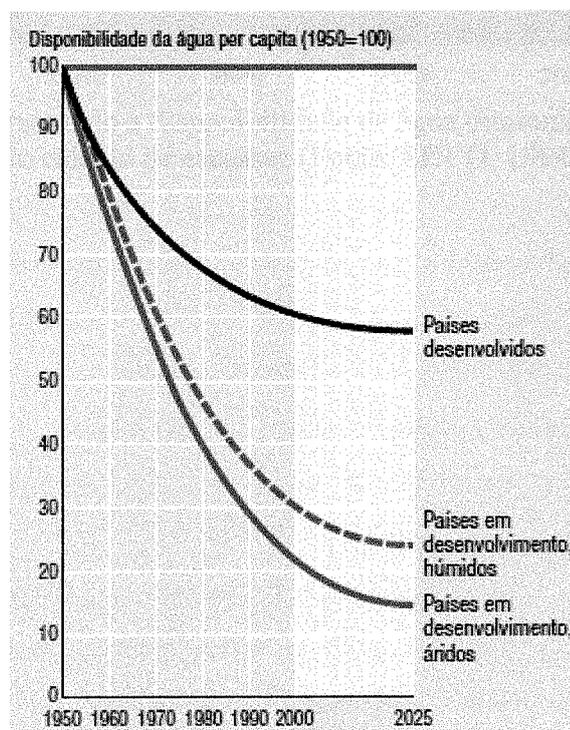


Figura 8 – Demonstração do declínio da disponibilidade de água per capita no período 1950-2025 (Fonte: ONU, 2006).

Diante disso pode-se afirmar que com ritmo a que esse declínio tem vindo a registar-se está bem patente nas atuais previsões de evolução futura. Por volta do ano 2025, mais de 3 mil milhões de pessoas poderão viver em países sujeitos a pressão sobre os recursos hídricos — e

14 países irão passar de uma situação de pressão sobre os recursos hídricos para uma de escassez efetiva (figura 9).

## Á G U A UM MAR DE ESCASSEZ

Recurso hídrico dividido pela população mundial (em milhares de litros, por pessoa, por dia)

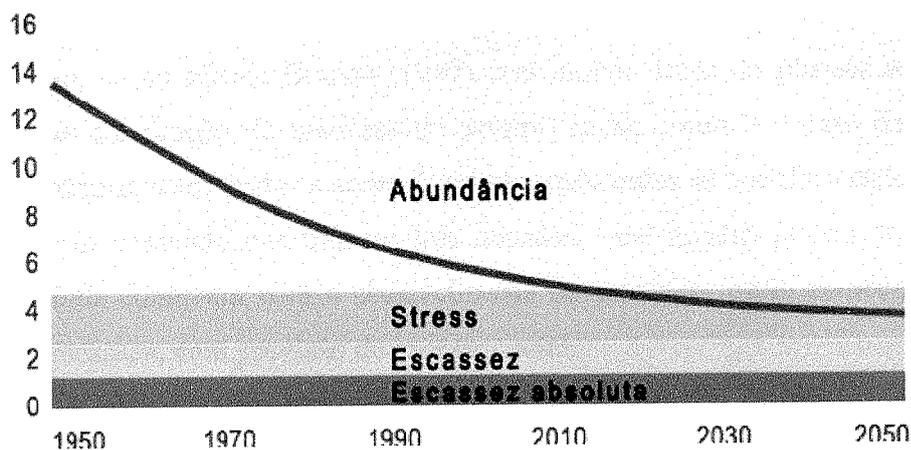


Figura 9 – Gráfico demonstrando a disponibilidade de água diminuindo em um século através do cálculo de escassez (Fonte: SETTI, 1994).

### 3. ESCASSEZ DE ÁGUA NO BRASIL E NO MUNDO: PRINCIPAIS REGIÕES ATINGIDAS

#### 3.1 A Escassez de Água Mundial e as Regiões mais Atingidas

Diante do exposto no decorrer de nossa dissertação, várias vezes citamos a problemática da escassez de água já existente em locais do mundo como a África e algumas regiões da Ásia.

Realmente, como afirma Branco (1997), em muitas áreas do planeta sempre houve escassez de água em função da natureza do próprio local, como é o caso das regiões de deserto, regiões áridas, semi-áridas e secas. Contudo, após todas as transformações ambientais que o mundo vem passando nas últimas três décadas, esse quadro piorou, e regiões que, anteriormente ainda contavam com o abastecimento de seus rios, estão começando a se ver em situação de escassez, com previsão de escassez total.

Segundo a ONU (2006), como já informado anteriormente, o relatório elaborado em 2006 pela IWMI, demonstrou a divisão do mundo em quatro categorias de acordo com o grau de escassez de água, avaliado no período de 1990 com previsão até 2025.

A primeira categoria, denominada de categoria 1 – Absoluta escassez - é aquela onde os países já sofrem com a escassez e que, em 2025 dificilmente conseguirão manter o nível de abastecimento que tinham em 1990. Nesta categoria estão incluídos países como: Afeganistão; Egito; Irã; Iraque; Israel; Jordânia; Kuwait; Líbia; Oman; Paquistão; Arábia Saudita; Cingapura; África do Sul; Síria; Tunísia; República Árabe Unida; Emirados; Iêmen; China e Índia, englobando um total de 1 bilhão de habitantes, que, em 2025, chegará a 1,8 bilhão (ONU, 2006).

Na segunda categoria – Categoria 2-Escassez econômica – são incluídos os países que possuem potencialmente recursos suficientes, mas que para manter seu abastecimento deverão redobrar seus esforços nos próximos anos. Nessa categoria estão: Angola, Benin, Botswana, Burquina Fasso, Burundi, Camarões, Chade, Congo, Costa do Marfim, Etiópia, Gabão, Gana, Guiné-Bissau, Haiti, Lesotho, Libéria, Moçambique, Niger, Nigéria, Paraguai, Somália, Sudão, Uganda, Zaire. Ainda nessa categoria estão 24 nações da África Subsaariana, envolvendo quase 350 milhões de pessoas atualmente, o que chegará próximo à 895 milhões em 2025 (SANCHEZ, 2006).

Os demais países estão enquadrados nas categorias 3 e 4, incluindo a América do Norte e Europa, com reservas que permitem uma certa tranquilidade no abastecimento. Mas os especialistas alertam para o fato de que em alguns destes países as mulheres e as crianças têm que percorrer largas distâncias em busca de água.

Segundo a ONU (2006), na categoria 3 estão incluídos os seguintes países: Albânia, Argélia, Austrália, Belize, Bolívia, Brasil, Camboja, República Centro Africana, Chile, Colômbia, El Salvador, Gâmbia, Guatemala, Guiné, Honduras, Indonésia, Quênia, Líbano, Madagascar, Malásia, Mali, Mauritânia, Marrocos, Myanmar, Namíbia, Nepal, Nova Zelândia, Nicarágua, Peru, Senegal, Tanzânia, Turquia, Venezuela, Zâmbia, Zimbawe. Na categoria 4 estão: Argentina, Áustria, Bangladesh, Bélgica, Bulgária, Canadá, China, Costa Rica, Cuba Dinamarca, República Dominicana, Equador, Filipinas, Finlândia, França, Alemanha, Grécia, Guiana, Hungria, Índia, Itália, Jamaica, Japão, México, Holanda, Coreia do Norte, Noruega, Panamá, Polônia, Portugal, Romênia, Coreia do Sul, Espanha, Sri Lanka, Suriname, Suécia, Suíça, Tailândia, Grã-Bretanha, Uruguai, Estados Unidos, Vietnã.

Importante observar, conforme coloca Rebouças (2003) que a China e a Índia apresentam uma severa escassez regional de água. Grande parte da população desses países, sendo 381 milhões de pessoas na China e 280 milhões na Índia, em 1990, estavam englobados na categoria 1, e o restante era classificado na categoria 4.

Diante disso, a previsão prevista até o ano de 2025 para muitos desses países acima citados com relação à disponibilidade de água é a seguinte:

- Aumento da pressão de escassez hídrica sobre a África Subsaariana, onde a percentagem da população da região residente em países ameaçados pela falta de água aumenta de 30 para 85% em 2025;
- Agravamento da problemática no Oriente Médio e no norte da África, com uma disponibilidade média de água caindo mais de 75%. Em 2025, a previsão é de que as reservas de água se situarão por volta de 500 m<sup>3</sup> por pessoa, e mais de 90% da população da região viverá em países atingidos pela escassez de água;
- Nações com povoamento denso como a China e a Índia farão parte da categoria dos países ameaçados pela escassez quase total de água.

### 3.2 Escassez de Água no Brasil

Sobre o Brasil, Rebouças (1997) coloca que:

Com 8.547.403,5 km<sup>2</sup>, o Brasil é o quinto país do mundo em extensão territorial. Localizado na parte centro-oriental da América do Sul, ocupa 47,7% da área desse continente, cortado pela Linha do Equador e pelo Trópico de Capricórnio, com a maior parte de suas terras situando-se nas latitudes mais baixas do globo, o que lhe confere características de país tropical. O Brasil possui uma ampla diversificação climática em virtude de vários fatores como a configuração geográfica, a altitude, a extensão territorial – tanto em relação à latitude quanto à longitude –, o relevo e a dinâmica das massas de ar. Como corolário, o Brasil recebe uma abundante pluviometria que varia, sobre mais de 90% do seu território, entre 1.000 e mais de 3.000 mm/ano. Num dos países mais ricos em água doce do planeta, as cidades enfrentam crises de abastecimento, das quais não escapam nem mesmo as localizadas na Região Norte, onde estão perto de 80% das descargas de água dos rios do Brasil (1997, p.1-2).

Diante disso, é difícil imaginar situações de escassez de água num país como o Brasil, contudo ela existe e não é simples.

Primeiramente, como coloca Rebouças (1997), os problemas relacionados ao tratamento de esgoto nas grandes cidades brasileiras e o lançamento destes nos rios tem preocupado a Organização Mundial da Saúde, que calcula que para cada dólar investido em saneamento básico do Brasil, cinco dólares são gastos com despesas de hospitais em função das doenças causadas pela contaminação das águas.

O Brasil, na opinião de Rebouças (2003) representa um contraste com relação à temática de água. Enquanto, por um lado, apresenta, em função do seu relevo, inúmeros rios de planalto, que lhe favorecem um imenso potencial para geração de energia elétrica, essa mesma água que poderia ser utilizada para consumo foi, e ainda é um desafio à lógica do país. Segundo o autor, o censo do IBGE de 2000, mostrou que na população brasileira total de 170 milhões de pessoas, quase 138 milhões vivem nas cidades. Entretanto, as empresas de água não cuidam dos esgotos domésticos, fazendo com que 110 milhões de pessoas fiquem sem esgoto tratado, e destes, uma quantia de 11 milhões considerados mais pobres, não possuem nem água potável para beber.

Assim, Kiperstok et al (2002) ainda analisam que no Brasil há um índice de perdas totais da água tratada e injetada nas redes distributivas nas cidades variando entre 40 e 60%, enquanto que em países desenvolvidos esse índice varia de 5 a 15%.

(...) mais de 40 milhões de brasileiros não recebem água de forma regular, não podem confiar na qualidade da água que chega nas suas torneiras e vivem num

penoso regime de rodízio ou de fornecimento muito irregular da água. Essa situação é vista em um país cuja disponibilidade média de água nos rios que nunca secam está na faixa dos 34 mil m<sup>3</sup> habitantes por ano, o que coloca o Brasil como membro das Nações Unidas, na classe dos países mais ricos em água doce no mundo. Além disso, deve-se considerar a possibilidade de utilização de 25% da contribuição dos fluxos subterrâneos que deságuam nos rios, correspondendo a quase 4 mil m<sup>3</sup> por habitante ao ano (KIPERSTOK et al, 2002, p.31).

Assim, percebe-se que o grande problema no Brasil é a má distribuição e aproveitamento dos recursos hídricos oferecidos naturalmente pela nação. Como coloca Rebouças (1997), os rios brasileiros oferecem seguramente uma descarga anual média de 38 mil m<sup>3</sup> por habitante ao ano, para atender a uma demanda média total de 300 m<sup>3</sup> de habitante ao ano.

Assim, regiões do Brasil que sempre sofreram com problemas de falta de água em função da natureza como as regiões mais secas do Nordeste poderiam ser supridas se a distribuição fosse feita de maneira melhor, e nos locais onde há provimento grande, houvesse devido tratamento e reaproveitamento da água doce utilizada.

(...) o significado prático dos valores de deflúvio médio dos rios pode ser mascarado pela falta de sintonia existente entre a distribuição desses potenciais e a localização das demandas, tanto no espaço como no tempo. (...) o estigma da escassez está caracterizado pelo fato de 80% das descargas dos rios ocorrerem nos setores ocupados por 5% da população, enquanto os 20% restantes devem abastecer 95% do contingente, cuja parcela urbanizada já atinge os 75% segundo dados do IBGE de 1990 (REBOUÇAS, 1997, p.129).

Dessa maneira, pode-se dizer, sem nenhuma dúvida, que uma crise de escassez de água no Brasil, principalmente na região Nordeste é resultado direto da intervenção extremamente predatória no local, que consiste, segundo Rebouças (1997), na aplicação de acontecimentos de cunho estrutural e políticas seladas por uma visão, que dentro de um contexto, acabam definindo um “problema”.

Os problemas resultam basicamente da falta de gerenciamento efetivo das ações desenvolvimentistas em geral e da água em particular. Ao contrário, estimulam-se urbanização e industrialização – mediante incentivos vários – em áreas nas quais já se tem escassez de água para abastecimento. Ademais, a qualidade da água dos mananciais utilizados é degradada pelo lançamento – deliberado ou tolerado – de esgotos domésticos e industriais não-tratados, uso e ocupação inadequada do meio físico e outros fatores impactantes. A situação tem o agravante de os erros do passado se repetirem, conforme pode-se observar nos centros urbanos que estão em franca expansão como Curitiba, Campinas, Joinville, entre outros (REBOUÇAS, 1997, p. 129-130).

Assim, sem mais delongas, o problema do Brasil referente à água, assim como referente à educação, saúde, alimentação, emprego, administração, entre outras coisas, é ocasionado por má administração e má aplicação da verba pública e falta de preocupação de nossos governantes que, neste caso, podem ainda, colocar a culpa na natureza.

#### 4. CONSEQÜÊNCIAS A CURTO E LONGO PRAZO DA ESCASSEZ DE ÁGUA NO MUNDO

A longo prazo em regiões que ainda possuem água, mas estão englobadas nas categorias 1 e 2 elaboradas pela IWMI, as conseqüências mais desastrosas incluem a desertificação das regiões, a falta de produção de alimentos e conseqüente aumento da mortalidade da população por desnutrição e desidratação, e a destruição de inúmeros ecossistemas que ainda estão conseguindo se manter.

Segundo Tocchetto & Pereira (2005), há ainda o surgimento dos conflitos sociais e políticos em diversos níveis, sendo que estes já se iniciaram, há alguns anos na Bolívia, onde houve a privatização da água potável de Cochabamba, o que levou a revolta do povo, terminando com diversas mortes e a cidade em estado de sítio.

De acordo com a ONU (2006), estes mesmos problemas internos se transformaram logo em conflitos internacionais, quando se acentua ainda mais a diferença entre países ricos e água, e os que não contam com grandes reservas; tudo isto em um sistema econômico que foi incapaz de estabelecer eficientemente este recurso.

##### 4.1 Disputas pela Água no Mundo

A história antiga é marcada por guerras provocadas pela invasão dos países com água pelos que ficaram sem ela. Esse foi um dos motivos das seculares invasões dos países da região da Mesopotâmia pelos povos de deserto.

Além dos conflitos entre os países, a disputa pela água provoca confrontos internos que envolvem fazendeiros, indústrias, municípios e população. E há grande dificuldade de acordo entre as partes, pois todos parecem ter razão. Já existem algumas regiões do planeta onde conflitos e migrações já estão mais visíveis e preocupantes. Algumas dessas situações entre países estão citadas abaixo demonstrando a gravidade do problema (BRANCO, 1997):

- Israel, Jordânia e Palestina: 5% da população do mundo sobrevivem com 1% da sua água disponível no Oriente Médio, nesse contexto ainda há a guerra entre árabes e israelenses. Isso poderia contribuir para crises militares adicionais enquanto o aquecimento global continua. Israel, os territórios

palestinos e a Jordânia necessitam do rio Jordão, mas Israel controla-o e corta suas fontes durante as épocas de escassez. O consumo palestino é então restringido severamente por Israel.

- Turquia e Síria: Os projetos da Turquia para construção de represas no rio Eufrates levaram o país à beira de um conflito com a Síria em 1998. Damasco acusa Ancara de usar deliberadamente sua fonte de água enquanto o rio desce pelo país que acusa a Síria de proteger líderes separatistas curdos. A falta de água ocasionada pelo aquecimento global aumentará a pressão nesta volátil região.
- China e Índia: O rio Brahmaputra já causou tensão entre Índia e China e pode se tornar uma fâsca para dois dos maiores exércitos do mundo. Em 2000, a Índia acusou a China de não compartilhar informações sobre o funcionamento do rio desde o Tibet que causou inundações no nordeste da Índia e em Bangladesh. As propostas chinesas para desviar o rio também concernem a Deli.
- Angola e Namíbia: As tensões aumentaram entre Botswana, Namíbia e Angola em torno da vasta bacia de Okavango. As secas fizeram a Namíbia reativar projetos para um encanamento da água de 250 milhas para fornecimento à capital. Drenar o delta seria letal para comunidades locais e para o turismo. Sem a inundação anual do norte, os “swamps” encolherão e a água sangrará até o deserto de Kalahari.
- Etiópia e Egito: O crescimento populacional no Egito, no Sudão e na Etiópia está ameaçando um conflito ao longo do rio mais comprido do mundo, o Nilo. A Etiópia está pressionando por uma parte maior da água azul do Nilo, mas isso prejudicaria o Egito. E o Egito está preocupado com a parte branca do Nilo que corre através de Uganda e Sudão, e que poderia ser esgotado também antes que alcance o deserto de Sinai.
- Bangladesh e Índia: As inundações no Ganges causadas pelo derretimento das geleiras do Himalaia chegam a Bangladesh o que leva a uma ascensão na migração ilegal à Índia. Isto fez com que a Índia construísse uma imensa cerca na beira do rio na tentativa de obstruir os imigrantes. Cerca de 6 mil pessoas cruzam ilegalmente pela beira do rio em direção à Índia a cada dia.

Como coloca Sanchez (2006), para apartar estes conflitos a solução vem sendo propor negociações, o que já vem acontecendo em determinadas regiões do planeta. Em cada país estão sendo criados comitês responsáveis por colocar em pauta e discutir o uso sustentável da água envolvendo os beneficiários de cada bacia hidrográfica. Também estão sendo elaboradas comissões que possam intermediar as discussões sobre o assunto entre os países.

Assim, alguns acordos já feitos nesse sentido são (ONU, 2006):

- Na América do Norte, foi feito um acordo entre os Estados Unidos e o México, pois os norte-americanos retiram tanta água do rio Colorado, um dos maiores do país, que os mexicanos passaram a receber um rio minguido e cheio de sal. Para compensar os Estados Unidos assinaram um acordo pelo qual se comprometem a fornecer cerca de 2 km<sup>3</sup> de água potável por ano e construir uma usina para dessalinizar a água;
- Em 1957, Tailândia, Camboja, Vietnã e Laos criaram um comitê de negociações para o uso e manutenção do rio Mekong. Em 1960, Índia e Paquistão iniciaram uma comissão para regular o uso das águas do rio Indo.
- Em 2001, foi a vez do Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai criaram um comitê para regular a retirada e uso das águas do Aquífero Guarani, um dos maiores do mundo.

## 5. POSSÍVEIS SOLUÇÕES PARA A PROBLEMÁTICA DA DISPONIBILIDADE E ESCASSEZ DA ÁGUA NO MUNDO

As soluções para resolver a disponibilidade de água e a escassez nos locais em que ela já se instalou são inúmeras, e todas remontam à questão da educação ambiental, que influi diretamente em todos os quesitos relacionados à proteção do meio ambiente, e acima de tudo à questões políticas e de ordem de gestão.

Cada solução existente pode e deve ser devidamente aplicada de acordo com o problema da região e a disponibilidade e demanda de água.

Assim, seguem algumas soluções de importante análise:

- **Elaboração de estratégias nacionais:** de acordo com Granziera (2003), o setor responsável pela gestão de recursos hídricos num governo tem como principal objetivo procurar adaptar os padrões de consumo de água às disponibilidades existentes, levando em consideração as necessidades ambientais. É necessário haver informação de alto nível acerca dos recursos hídricos. Também se exige uma capacidade por parte dos governos locais e nacionais de implementarem políticas de preços e de distribuição que reduzam a procura para valores consentâneos com os limites da sustentabilidade.
- **Reorganizar o preço referente a água e acabar com os subsídios:** na opinião de Tocchetto & Pereira (2005), deve haver um fim à exploração da água subterrânea que é subsidiada pelo Estado. Aumentar os preços paralelamente à implementação de políticas destinadas a proteger os interesses dos agricultores pobres permitiria avanços importantes na concretização dos objetivos da eficiência e da sustentabilidade ambiental.
- **Punição aos que poluem através de pagamento:** como afirmam Magossi & Bonacella (1990), as indústrias devem pagar os custos referentes à limpeza da poluição das águas que elas mesmas provocam. Isso seria uma forma imediata de contribuir na redução da pressão sobre os recursos hídricos, especialmente nas grandes cidades, além de ser um estímulo à diminuição da poluição.
- **Regulação da captação de águas subterrâneas:** A água subterrânea é uma reserva ecológica estratégica. A gestão correta deste recurso de forma a

satisfazer as necessidades humanas e ambientais representa um dos maiores desafios da segurança da água neste início do século XXI. Países como a Jordânia lançaram-se numa ofensiva regulamentar da água subterrânea (BRANCO, 1997).

- Desvio dos rios: essa opção já é adotada por alguns governos desde o século XX, sendo considerada uma das maiores intervenções hidrológicas como solução parcial para a falta de água. Os projetos maiores foram feitos na China e também na Índia.
- Dessalinização: segundo o presidente John F. Kennedy, o ideal seria obter água doce a partir da água salgada, por um valor competitivo e acessível, sendo essa a solução para grande parte da humanidade. O grande entrave à dessalinização está nos custos energéticos. Segundo Setti (1994), com a evolução tecnológica no setor da osmose inversa, os custos de produção diminuíram e os resultados melhoraram. Entretanto, a dependência dos custos de produção em comparação aos preços altos, junto aos elevados custos do envio de água por bombagem a longas distâncias apresenta ainda muitas restrições.
- Reciclagem de águas residuais: algumas políticas simples de gestão de água, aliadas às tecnologias apropriadas, podem ajudar a aliviar o desequilíbrio entre a oferta e a procura de água. Um exemplo disso é a reutilização das águas residuais através do tratamento dos detritos de modo a poder devolvê-las aos rios, usá-las para irrigação ou disponibilizá-las para a indústria. De acordo com Magossi & Bonacella (1990) a reciclagem de águas residuais para utilização na agricultura já é realizada há bastante tempo em países como México, Gana, entre outros. A expansão da capacidade de reciclagem de águas residuais, através do aumento das disponibilidades e da produtividade da água, poderia gerar múltiplos benefícios para os produtores agrícolas pobres e vulneráveis. As águas residuais também podem ser utilizadas para reencher os aquíferos, aliviando os problemas relacionados com o esvaziamento dos lençóis de água subterrâneos.

## CONCLUSÃO

O acelerado crescimento populacional faz com que a demanda por água cresça na mesma proporção, o que causa um esgotamento das fontes de água no planeta, aliado a isso, a ausência de políticas de saneamento básico que levam água de qualidade e livre de impurezas a população, esta agravando ainda mais a escassez de água em regiões menos favorecidas como o continente africano e norte e nordeste brasileiro.

A demanda por água de boa qualidade, tanto de populações rurais quanto urbanas de países menos desenvolvidos, foi identificada pela ONU como o principal desafio mundial existente no início dos anos 80.

Ao mesmo tempo torna-se evidente uma progressiva deterioração na qualidade das fontes de água doce, decorrente do descarte de resíduos domésticos e industriais para os corpos aquáticos receptores. Todos estes dados apontam para a necessidade de uma mudança drástica de nosso comportamento frente ao uso da água.

Do ponto de vista quantitativo, a agricultura, que consome cerca de 70% da água de boa qualidade existente no planeta, constitui-se no setor com as maiores potencialidades em termos de economia, principalmente através do uso de métodos mais eficientes e de menor desperdício. Quantidades significativas de água também podem ser poupadas pelo setor industrial, através de processos efetivos de reciclagem e reuso.

Com isso, se faz necessária novas tecnologias que consomem menos água na indústria e na produção de gêneros alimentícios. Para o abastecimento doméstico, é necessário haver projetos de saneamento eficazes que dê acesso a água tratada a população. Para suprir a demanda crescente, novas reservas hídricas devem ser criadas.

Fica, portanto evidente que tanto no plano local quanto global, todas estas questões terão que ser resolvidas se o que se almeja é o uso sustentável da água. Isto representa um grande desafio e medidas de natureza política, assim como se mostram necessárias mudanças de atitude por parte da população.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Agenda 21: Brasileira 2. **Ações prioritárias/Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional**. Brasília, DF. MMA/PNUD. 2002.

BBC BRASIL. **“Mapa mostra escassez de água pelo mundo”**. Ago 2006. Disponível em: [http://www.bbc.co.uk/portuguese/reporterbbc/story/2006/08/060821\\_faltaaguarelatorio.shtml](http://www.bbc.co.uk/portuguese/reporterbbc/story/2006/08/060821_faltaaguarelatorio.shtml). Acesso em 05 dez 2009.

BRANCO, S. M. **Água – origem, uso e preservação**. São Paulo: Coleção Polêmica, 1997.

CUNHA, V. C. et al. **A gestão da água**. Lisboa: Fund. Calouste Gumbenkian, 1993.

DAJOZ, R. **Ecologia Geral**. Petrópolis: Vozes, 1983.

GRANZIERA, M. L. M. **Direito das águas e meio ambiente**. 3 ed. São Paulo: Ícone, 2003.

GRASSI, M. T. **As águas do Planeta Terra**. Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola. Ed. Especial. Maio 2001. p.31-42.

HOWARD, A. D. **Aquatic Environmental Chemistry**. New York: Oxford Science Publications. 1998.

KIPERSTOK, A. et al. **Prevenção da poluição – Tecnologias e gestão ambiental**. Brasília, DF: SENAI/DN. 2002.

MAGOSSI, L. R. & BONACELLA, P. H. **Poluição das águas**. São Paulo: Moderna, 1990.

MASTERTON, W.; SLOWINSKI, E. J. & STANTSKI, C. L. **Princípios de Química**. 10 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002.

MORAES, A. J. **Gerenciamento e tratamento de água**. Curso de Tecnologia em Gestão ambiental. Faculdade Dom Bosco. Cascavel, 2009, 57p.

ONU. **Relatório do Desenvolvimento Humano**. Escassez de água: riscos e vulnerabilidades associados. 2006. Cap.4. p.131-170.

REBOUÇAS, A. et al. **Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação.** São Paulo: Instituto de Estudos Avançados, USP, 1999.

REBOUÇAS, A. C. **Água no Brasil: abundância, desperdício e escassez.** Revista Bahia Análise & Dados, v.13, n. especial. Salvador, 2003, p.341-345.

\_\_\_\_\_. **Água na região Nordeste: desperdício e escassez.** Revista Estudos Avançados, v.11, n.29, 1997, p.127-156.

SANCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto ambiental: conceitos e métodos.** São Paulo: Oficina de Textos, 2006, 495p.

SETTI, A. A. **A necessidade do uso sustentável dos recursos hídricos.** Ministério do Meio Ambiente e da Amazônia Legal/IBAMA. Brasília, 1994.

SOUZA, M. P. et al. **Texto de apoio ao Curso de Sistemas de Gestão de Recursos Hídricos.** DNAEE. Rio de Janeiro. 1997.

TOCCHETTO, M. R. L. & PEREIRA, L. C. **Água: esgotabilidade, responsabilidade e sustentabilidade.** Mar 2005. Agroline. 2p. Disponível em:  
<http://www.agroline.com.br/artigos/artigo.php?id=216>. Acesso em 02 dez 2009.

TORO, J. B. A. & WERNECK, N. M. D. **Mobilização Social.** Ministério do Meio Ambiente dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal – SRH. Brasília, nov. 1995.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação.** ABRH: EUSP. Porto Alegre, 1993.