

HIDROLOGIA

CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO À HIDROLOGIA

1.1. Introdução

Hidrologia: é a ciência que trata da água na Terra, sua ocorrência, circulação e distribuição, suas propriedades físicas e químicas e sua relação com o meio ambiente, incluindo sua relação com a vida. (United State Federal Council Science and Technology).

O início dos estudos de medições de precipitação e vazão ocorreu no século 19, porém, após 1950 com o advento do computador, as técnicas usadas em estudos hidrológicos apresentaram um grande avanço.

1.2. Hidrologia Científica

- Hidrometeorologia: é a parte da hidrologia que trata da água na atmosfera.
- Geomorfologia: trata da análise quantitativa das características do relevo de bacias hidrográficas e sua associação com o escoamento.
- Escoamento Superficial: trata do escoamento sobre a superfície da bacia.
- Interceptação Vegetal: avalia a interceptação pela cobertura vegetal da bacia hidrográfica.
- Infiltração e Escoamento em Meio Não-Saturado: observação e previsão da infiltração e escoamento da água no solo.
- Escoamento em Rios, Canais e Reservatórios: observação da vazão dos canais e cursos de água, e do nível dos reservatórios.
- Evaporação e Evapotranspiração: perda de água pelas superfícies livres de rios, lagos e reservatórios, e da evapotranspiração das culturas.
- Produção e Transporte de Sedimentos: quantificação da erosão do solo.
- Qualidade da Água e Meio Ambiente: trata da quantificação de parâmetros físicos, químicos e biológicos da água e sua interação com os seus usos na avaliação do meio ambiente aquático.

1.3. Hidrologia Aplicada

Está voltada para os diferentes problemas que envolvem a utilização dos recursos hídricos, preservação do meio ambiente e ocupação da bacia hidrográfica.

Áreas de atuação da Hidrologia:

- Planejamento e Gerenciamento da Bacia Hidrográfica: planejamento e controle do uso dos recursos naturais.
- Abastecimento de Água: limitação nas regiões áridas e semi-áridas do país.
- Drenagem Urbana: cerca de 75% da população vive em área urbana. Enchentes, produção de sedimentos e problemas de qualidade da água.
- Aproveitamento Hidrelétrico: a energia hidrelétrica constitui 92% de toda energia produzida no país. Depende da disponibilidade de água, da sua regularização por obras hidráulicas e o impacto das mesmas sobre o meio ambiente.
- Uso do Solo Rural: produção de sedimentos e nutrientes, resultando em perda do solo fértil e assoreamento dos rios.
- Controle de Erosão: medidas de combate à erosão do solo.
- Controle da Poluição e Qualidade da Água: tratamento dos despejos domésticos e industriais e de cargas de pesticidas de uso agrícola.
- Irrigação: a produção agrícola em algumas áreas depende essencialmente da disponibilidade de água.
- Navegação.
- Recreação e Preservação do Meio Ambiente.
- Preservação dos Ecossistemas Aquáticos.

1.4. Estudos Hidrológicos

- Baseiam-se em elementos observados e medidos no campo.
- Estabelecimento de postos pluviométricos ou fluviométricos e sua manutenção ininterrupta são condições necessárias ao estudo hidrológico.
- Projetos de obras futuras são elaboradas com base em elementos do passado.

1.5. Importância da Água

A água é um recurso natural indispensável para a sobrevivência do homem e demais seres vivos no Planeta. É uma substância fundamental para os ecossistemas da natureza. É importante para as formações hídricas atmosféricas, influenciando o clima das regiões. No caso do homem, é responsável por aproximadamente $\frac{3}{4}$ de sua constituição. Infelizmente, este recurso natural encontra-se cada vez mais limitado e está sendo exaurido pelas ações impactantes nas bacias hidrográficas (ações do homem), degradando a sua qualidade e prejudicando os ecossistemas.

A carência de água pode ser para muitos países um dos fatores limitantes para o desenvolvimento. Alguns países como Israel, Territórios Palestinos, Jordânia, Líbia, Malta e Tunísia a escassez de água já atingiu níveis muito perigosos: existem apenas $500 \text{ m}^3 \cdot \text{habitante}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$, enquanto estima-se que a necessidade mínima de uma pessoa seja $2000 \text{ m}^3 \cdot \text{habitante}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$. Atualmente a falta de água atinge severamente 26 países, além dos já citados estão nesta situação: Arábia Saudita, Iraque, Kuwait, Egito, Argélia, Burundi, Cabo Verde, Etiópia, Cingapura, Tailândia, Barbados, Hungria, Bélgica, México, Estados Unidos, França, Espanha e outros. No Brasil, a ocorrência mais freqüente de seca é no Nordeste e problemas sérios de abastecimento em outras regiões já são identificados e conhecidos. Alertas de organismos internacionais mencionam que nos próximos 25 anos, cerca de 3 bilhões de pessoas poderão viver em regiões com extrema falta de água, inclusive para o próprio consumo.

A idéia que a grande maioria das pessoas possui com relação à água é que esta é infinitamente abundante e sua renovação é natural. No entanto, ocupando 71% da superfície do planeta, sabe-se que 97,30% deste total constituem-se de águas salgadas¹, 2,70% são águas doces. Do total de água doce, 2,07% estão congeladas em geleiras e calotas polares (água em estado sólido) e, apenas 0,63% resta de água doce não totalmente aproveitada por questões de inviabilidade técnica, econômica, financeira e de sustentabilidade ambiental (Figura 1).

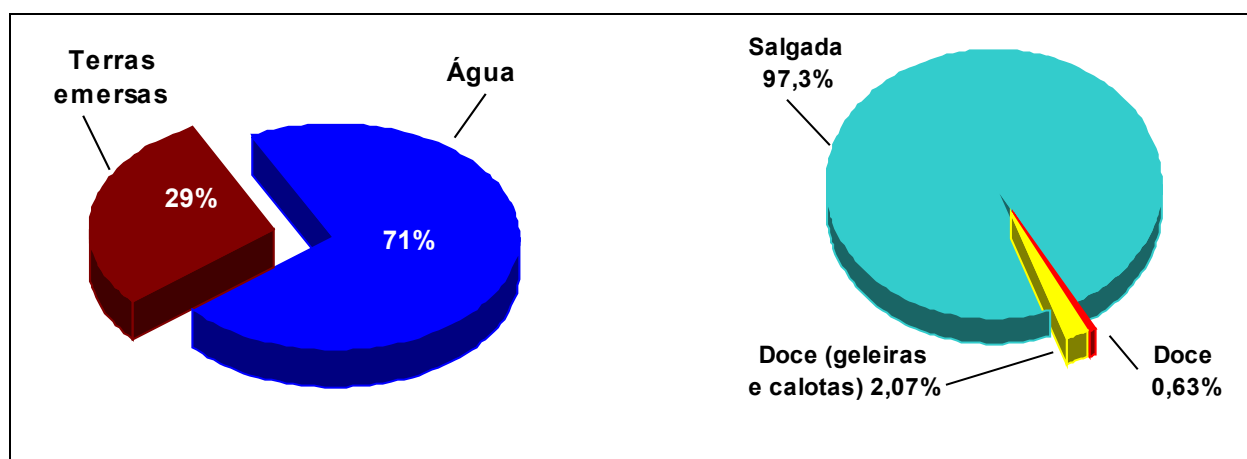


Figura 1 - Distribuição da água no planeta.

Em escala global, estima-se que 1,386 bilhões de km^3 de água estejam disponíveis, porém, a parte de água doce econômica de fácil aproveitamento para satisfazer as necessidades humanas, é de aproximadamente 14 mil $\text{km}^3 \cdot \text{ano}^{-1}$ (0,001%). Desde o início da história da humanidade, a demanda de água é cada vez maior e as tendências das últimas décadas são de excepcional incremento devido ao aumento populacional e elevação do nível de vida. A estimativa atual da população mundial é de 6 bilhões. Um número três vezes maior do que em 1950, porém enquanto a população mundial triplicou o consumo de água aumentou em seis vezes. A população do país aumentou em 26 anos 137%, passando de 52 milhões de pessoas em 1970 para 123 milhões em 1996, e para 166,7 milhões em 2000. Já a disponibilidade hídrica, de 105 mil $\text{m}^3 \cdot \text{habitante}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$, em 1950, caiu para 28,2 mil $\text{m}^3 \cdot \text{habitante}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$, em 2000.

A Organização das Nações Unidas, ONU, prevê que, se o descaso com os recursos hídricos continuar, metade da população mundial não terá acesso à água limpa a partir de 2025. Hoje, este problema já afeta cerca de 20% da população do planeta – mais de 1 bilhão de pessoas. Mantendo-se as taxas de consumo e considerando um crescimento populacional à razão geométrica de 1,6% a.a., o esgotamento da potencialidade de recursos hídricos pode ser referenciado por volta do ano 2053. Portanto, as disponibilidades hídricas precisam ser ampliadas e, para tanto, são necessários investimentos em

¹ **Água salina** apresenta salinidade igual ou superior a 30‰. **Água salobra** apresenta variação de 0,50‰ a 30‰ na concentração de sais dissolvidos. **Água doce** apresenta salinidade menor ou igual a 0,50‰.

pesquisa e desenvolvimento tecnológico para exploração viável e racional da água.

O continente da América do Sul conta com abundantes recursos hídricos, porém existem consideráveis diferenças entre as distintas regiões nas quais os problemas de água se devem, sobretudo ao baixo rendimento de utilização, gerenciamento, contaminação e degradação ambiental. Segundo a FAO a Argentina, o Peru e o Chile já enfrentam sérios problemas de disponibilidade e contaminação da água por efluentes agro-industriais. A situação brasileira não é de tranqüilidade, embora seja considerado um país privilegiado em recursos hídricos. Contudo, conflitos de qualidade, quantidade e déficit de oferta já são realidade. Outra questão refere-se ao desperdício de água estimado em 40% por uso predatório e irracional. Por exemplo, em Cuiabá o desperdício chega a 53% de toda água encanada e na cidade de São Paulo a população convive com um desperdício de 45% nos 22000 km de encanamentos, causados por vazamentos e ligações clandestinas. Enquanto a escassez de água é cada vez mais grave, na região nordeste a sobrevivência, a permanência da população e o desenvolvimento agrícola dependem essencialmente da oferta de água.

O Brasil é o país mais rico em água doce, com 12% das reservas mundiais. Do potencial de água de superfície do planeta, concentram-se 18%, escoando pelos rios aproximadamente $257.790 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Apesar de apresentar uma situação aparentemente favorável, observa-se no Brasil uma enorme desigualdade regional na distribuição dos recursos hídricos (Figura 2). Quando comparamos estas situações com a abundância de água na Bacia Amazônica, que corresponde às regiões Norte e Centro-Oeste, contrapondo-se a problemas de escassez no Nordeste e conflitos de uso nas regiões Sul e Sudeste, a situação agrava-se. Ao se considerar em lugar de disponibilidade absoluta de recursos hídricos renováveis, àquela relativa à população deles dependentes, o Brasil deixa de ser o primeiro e passa ao vigésimo terceiro no mundo. Mesmo considerando-se a disponibilidade relativa, existe ainda em nosso país o problema do acesso da população à água tratada, por exemplo, podemos citar a cidade de Manaus, que está localizada na Bacia Amazônica e grande parte das moradias não recebe água potável. No Brasil, cerca de 36% das moradias, ou

seja, aproximadamente 20 milhões de residências, não têm acesso a água de boa qualidade, segundo dados do IBGE.

As águas subterrâneas no Brasil oferecem um potencial em boa parte ainda não explorado. Ao contrário de outros países que possuem informações e bancos de dados do potencial subterrâneo de água, no Brasil a matéria é tratada

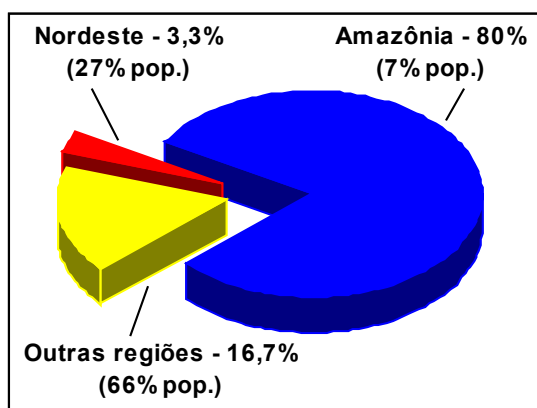


Figura 2 - Recursos hídricos no Brasil.

com meros palpites e avaliações grosseiras. Segundo a ABAS (Associação Brasileira de Águas Subterrâneas), o Brasil tem o impressionante volume de 111 trilhões e 661 milhões de metros cúbicos de água em suas reservas subterrâneas, inclusive detendo o maior aquífero do mundo, o aquífero Guarany. Muitas cidades já são abastecidas em grande

parte por águas de poços profundos, por exemplo, a cidade de Ribeirão Preto.

A questão crucial do uso da água subterrânea reside no elevado custo de exploração além de exigir tecnologia avançada para investigação hidrogeológica. No caso específico da região Nordeste, caracterizada por reduzidas precipitações, elevada evaporação e escassez de águas superficiais, as reservas hídricas subterrâneas constituem uma alternativa para abastecimento e produção agrícola irrigada. As disponibilidades hídricas subterrâneas da região indicam que os recursos subterrâneos, dentro da margem de segurança adotada para a sua exploração, contribuem apenas como complemento dos recursos hídricos superficiais para atendimento da demanda hídrica. Exceções podem ser dadas aos estados de Maranhão e Piauí, cujas reservas atenderiam a demanda total e à Bahia com atendimento quase total, caso a distribuição dos aquíferos fosse homogênea, pois estes não ocorrem em mais do que 40% da área do estado.

O setor agrícola é o maior consumidor de água. Ao nível mundial a agricultura consome cerca de 70% de toda a água derivada das fontes (rios, lagos e aquíferos subterrâneos), e os outros 30% pelas indústrias e uso doméstico (Figura 3). Sendo este o elemento essencial ao desenvolvimento agrícola, sem o controle e a administração adequados e confiáveis não será possível uma agricultura sustentável. No Brasil 70% da água consumida ocorre na agricultura irrigada, 20% é utilizada para uso doméstico e 10% pelo setor industrial.

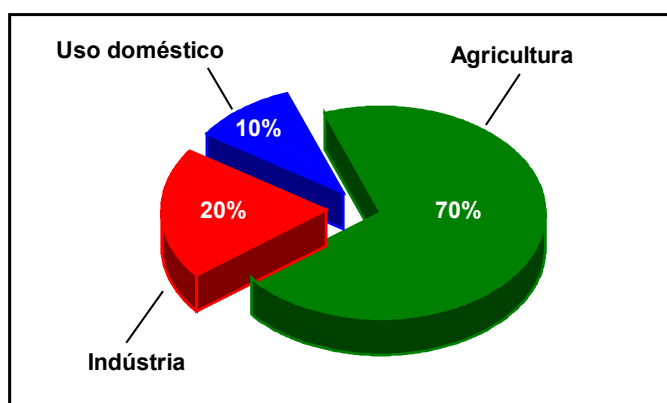


Figura 3 - Uso setorial da água no planeta.

Apesar do grande consumo de água, a irrigação representa a maneira mais eficiente de aumento da produção de alimentos. Estima-se que ao nível mundial, no ano de 2020, os índices de consumo de água para a produção agrícola sejam mais elevados na América do Sul,

África e Austrália. Pode-se prever um maior incremento da produção agrícola no hemisfério sul, especialmente pela possibilidade de elevação da intensidade de uso do solo, que sob irrigação, produz até três cultivos por ano.

A expansão da agricultura irrigada se tornará uma questão preocupante devido ao elevado consumo e as restrições de disponibilidade de água. Avaliando a necessidade de água dos cultivos, em termos médios, é possível verificar que para produzir uma tonelada de grão são utilizadas mil toneladas de água, sem considerar a ineficiência dos métodos e sistemas de irrigação e o manejo inadequado desta. Avaliações de projetos de irrigação no mundo inteiro indicam que mais da metade da água derivada para irrigação perde-se antes de alcançar a zona radicular dos cultivos.

Um outro fato preocupante é velocidade de degradação dos recursos hídricos, com o despejo de resíduos domésticos e industriais nos rios e lagos. O país lança sem nenhum tratamento aos rios e lagoas cerca de 85% dos esgotos

que produz, segundo dados do IBGE. Somente a Ásia despeja 850 bilhões de litros de esgoto nos rios por ano.

As consequências da baixa qualidade dos recursos hídricos remetem à humanidade perdas irreparáveis de vidas e também grandes prejuízos financeiros.

No mundo 10 milhões de pessoas morrem anualmente de doenças transmitidas por meio de águas poluídas: tifo, malária, cólera, infecções diarreicas e esquistossomose. Segundo a ONU, a cada 25 minutos morre no Brasil, uma criança vítima de diarreia, doença proveniente do consumo de água de baixa qualidade. Com o aumento de 50% ao acesso à água limpa e potável nos países em desenvolvimento, faria com que aproximadamente 2 milhões de crianças deixassem de morrer anualmente por causa de diarreia.

A qualidade da água pode ser alterada com medidas básicas de educação e a implementação de uma legislação adequada. O saneamento básico é de fundamental importância para a preservação dos recursos hídricos, pois cada 1 litro de esgoto inutiliza 10 litros de água limpa. Essas medidas além de salvar vidas humanas ainda iriam proporcionar economia dos recursos públicos, pois a cada R\$ 1,00 investido em saneamento básico estima-se uma economia de R\$ 10,00 em saúde.

A UNESCO, por meio do Conselho Mundial da Água, divulgou em dezembro de 2002 um ranking de saúde hídrica. A pontuação dos países é a soma de notas em cinco quesitos (melhor de 20 em cada):

- quantidade de água doce por habitante;
- parcela da população com água limpa e esgoto tratado;
- renda, saúde, educação e desigualdade social;
- desperdício de água doméstico, industrial e agrícola; e
- poluição da água e preservação ambiental.

Ranking da Saúde Hídrica

Colocação	País	Pontos
1	Finlândia	78,0
2	Canadá	77,7
5	Guiana	75,8
11	Reino Unido	71,5
13	Turcomenistão	70,0
16	Chile	68,9
18	França	68,0
22	Equador	67,1
32	Estados Unidos	65,0
34	Japão	64,8
35	Alemanha	64,5
39	Espanha	63,6
50	Brasil	61,2
52	Itália	60,9
56	Bélgica	60,6
58	Irã	60,3
71	Egito	58,0
74	México	57,5
85	Paraguai	55,9
93	Israel	53,9
100	Índia	53,2
101	Arábia Saudita	52,6
106	China	51,1
111	Sudão	49,9
118	Jordânia	46,3
119	Marrocos	46,2
120	Camboja	46,2
126	Moçambique	44,9
131	Iêmen	43,8
135	Angola	41,3
147	Haiti	35,1

1.6. Usos Múltiplos da Água

Em função de suas qualidades e quantidades, a água propicia vários tipos de uso, isto é, múltiplos usos. O uso dos recursos hídricos por cada setor pode ser classificado como consuntivo e não consuntivo.

a) Uso Consuntivo. É quando, durante o uso, é retirada uma determinada quantidade de água dos mananciais e depois de utilizada, uma quantidade menor e/ou com qualidade inferior é devolvida, ou seja, parte da água retirada é consumida durante seu uso. Exemplos: abastecimento, irrigação, etc.

b) Uso Não Consuntivo. É aquele uso em que é retirada uma parte de água dos mananciais e depois de utilizada, é devolvida a esses mananciais a mesma quantidade e com a mesma qualidade, ou ainda nos usos em que a água serve apenas como veículo para uma certa atividade, ou seja, a água não é consumida durante seu uso. Exemplos: pesca, navegação, etc.

1.7. Exercícios

1) Comente a seguinte afirmativa: “O planeta está secando”.

2) (Questão 01 Prova de Hidrologia Concurso ANA 2002) Em uma bacia hidrográfica, o uso não-consuntivo da água é realizado por:

- a) navegação fluvial, irrigação, pesca;
- b) recreação, dessentação dos animais, geração de energia;
- c) abastecimento urbano, irrigação, recreação;
- d) navegação fluvial, geração de energia, pesca;
- e) abastecimento industrial, controle de cheia, preservação.

3) Comente as seguintes situações em relação ao Brasil.

- a) O país detém 12% de toda a água doce da superfície terrestre; e
- b) o país ocupa o 50º lugar no ranking mundial da saúde hídrica.