

A ÁGUA: Propriedades da Água

I.2. Principais Propriedades da Água

Conhecer as propriedades da água, quer ela esteja em repouso ou em movimento, é fundamental para a solução correta dos vários problemas do dia a dia do engenheiro hidráulico. Estes problemas envolvem princípios e métodos de armazenamento, conservação, controle, condução, utilização, etc, e estão presentes desde a elaboração dos projetos até o último dia de sua operação.

Entre as peculiaridades da água está a de ser uma substância encontrada no estado sólido, líquido e gasoso na superfície da terra, ou seja, ela pode ser facilmente encontrada em três fases na natureza, a saber, no estado sólido (neve e gelo), no gasoso (vapor d'água e umidade) e na sua forma mais comum, a líquida (reservatórios de acumulação, lençóis subterrâneos, mares e oceanos, etc). Fisicamente quando pura, é um líquido transparente e levemente azulado, praticamente incolor, sem gosto e sem sabor (a clássica qualificação das primeiras aulas de ciências: líquido *incolor*, *inodoro* e *insípido*) e apresenta reflexão e refração da luz..

I.2.1. Composição química

A água é uma substância composta resultante da combinação de dois átomos de hidrogênio com um de oxigênio que na forma mais elementar de representação temos H_2O . Esta composição foi descoberta em 1879, por Henry Cavendish, procedendo a queima de hidrogênio na presença de oxigênio.

NOTA: **Henry Cavendish** (1731 - 1810), físico e químico experimentador inglês, nascido em Nice, França, filho de família nobre e abastada inglesa.

I.2.2. Massa específica

Massa específica (density) de uma substância é a massa por unidade de volume. Depende da dimensão e da estrutura de ligação das moléculas entre si. Devido a esta dependência e a sua estrutura molecular peculiar é que a água é uma das poucas substâncias que aumentam de volume quando passam a temperaturas inferiores a 4°C, reduzindo, portanto, sua massa específica a partir desta temperatura, a medida que é aquecida ou resfriada. Esta propriedade se não analisada com o máximo de acuidade em fase de projeto, pode trazer problemas irreparáveis de ordem estrutural às unidades do sistema na fase de operação.

Também denominada de *densidade absoluta* é geralmente simbolizada pela letra grega minúscula "ρ" e sua unidade no S.I. é o *quilograma/metro cúbico* (kg/m^3). Usualmente em cálculos de escoamentos com água sob temperatura de até 30°C, trabalha-se com $\rho = 102 \text{ kgf.s}^2/m^4$ (Tabela 1).

I.2.3. Densidade relativa

Denomina-se de *densidade relativa (specific gravity)* a relação entre a densidade da água a uma determinada temperatura e sua densidade a 4°C, neste ponto definida como igual a unidade. É geralmente simbolizada pela letra grega minúscula "δ". Como é uma relação entre grandezas de mesma unidade é, portanto, *adimensional*. Frequentemente emprega-se $\delta = 1,0$ para solução de problemas com água, principalmente nos pré-dimensionamentos (Tabela 1).

A água é cerca de 830 vezes mais pesada que o ar seco, porém 133 vezes mais leve na forma de vapor, sob condições normais de pressão. Quando vaporiza-se ocupa um volume cerca de 1640 vezes maior que na fase líquida. Quando congela expande-se aproximadamente 9% ocupando um volume de cerca de 1,11 vezes o da fase líquida na mesma temperatura.

I.2.4. Peso específico

Peso específico (density) é o peso por unidade de volume, ou seja, é o valor da massa específica multiplicada pela aceleração de gravidade local, ou seja, $\gamma = \rho \cdot g$. É geralmente simbolizado pela letra grega minúscula "γ". No S.I. peso específico sempre é expresso em *Newton por metro cúbico* (N/m^3).

NOTA: **Newton** é uma homenagem a **Sir Isaac Newton** (1642-1727) primeiro cientista inglês de renome internacional, nascido em Woolsthorpe e graduado em Cambridge.

Nos cálculos hidráulicos habituais com água, utiliza-se $\gamma = 1000 \text{ kgf/m}^3$ sem muitas reservas, pois como podemos observar na Tabela 1, para temperaturas no intervalo de 0°C a 30 °C, não há uma sensível alteração nos valores da densidade (menos de 5%).

NOTA: Enquanto *um quilograma* é a massa do protótipo internacional do quilograma, *quilograma-força* é o peso do protótipo internacional do quilograma quando submetido a ação da gravidade normal (1 kgf = 9,80665 N).

I.2.5. Viscosidade dinâmica

A água em escoamento reage à tensão de cisalhamento, sofrendo uma deformação angular que é proporcional a essa tensão. *Coeficiente de viscosidade, viscosidade dinâmica, viscosidade absoluta* ou somente *viscosidade*, é a constante de proporcionalidade definida como a razão entre essa tensão de cisalhamento e o gradiente de velocidade. É geralmente simbolizada pela letra grega minúscula " μ " e tem a dimensão de força por unidade de área. Sua unidade no S.I. é *poise* (1 poise = 0,1N.s/m²). Em termos práticos com água fria, freqüentemente trabalha-se com $\mu = 1,03 \cdot 10^{-4} \text{ kgf.s/m}^2$ (Tabela 1).

NOTA: **Poise** é uma homenagem ao físico francês, de Paris, **Jean Louis Poiseuille** (1799-1869) estudioso do escoamento em microtubos, com diâmetros inferiores a 0,2mm.

I.2.6. Viscosidade cinemática

Em estudos hidráulicos muitas vezes é conveniente utilizarmos o conceito de *viscosidade cinemática*, que é uma grandeza definida a partir da relação entre a viscosidade e a densidade (μ / ρ) e é geralmente simbolizada pela letra grega minúscula " ν ". Sua unidade no S.I. é *stoke* (1stoke = 1cm²/s). Habitualmente trabalhamos com $\nu = 1,01 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, que corresponde a viscosidade da água a 20°C, aproximadamente (Tabela II.1).

NOTA: **Stoke** é uma homenagem ao matemático britânico, nascido em Skreen, Irlanda, e educado em Cambridge, **George Gabriel Stokes** (1819-1903) especialista em viscosidade de fluidos.

Tabela II.1. Densidades e viscosidades da água sob condições normais de temperatura e pressão

Temperatura- θ (°C)	Densidade absoluta- ρ (kg/m ³)*	Viscosidade dinâmica - μ (10 ⁻³ N.s/m ²)	Viscosidade cinemática- ν (10 ⁻⁶ m ² /s)	Densidade relativa - δ
0 (gelo)	917,0	-	-	0,9170
0(água)	999,8	1,781	1,785	0,9998
4	1000,0	1,558	1,558	1,0000
5	1000,0	1,518	1,519	1,0000
10	999,7	1,307	1,308	0,9997
15	999,1	1,139	1,140	0,9991
20	998,2	1,002	1,003	0,9982
25	997,0	0,890	0,893	0,9970
30	995,7	0,798	0,801	0,9967
40	992,2	0,653	0,658	0,9922
50	988,0	0,547	0,553	0,9880
60	983,2	0,466	0,474	0,9832
70	977,8	0,404	0,413	0,9788
80	971,8	0,354	0,364	0,9728
90	965,3	0,315	0,326	0,9653
100	958,4	0,282	0,294	0,9584

(*) para se obter em kgf.s²/m⁴ divide-se o valor tabelado por 9,80665