

NÚMERO DE REYNOLDS

O número de Reynolds, embora introduzido conceitualmente em 1851 por um cientista da época, tornou-se popularizado na mecânica dos fluidos pelo engenheiro hidráulico e físico Irlandês, Osborne Reynolds em 1883. Em seus estudos teóricos, em demonstrações e experiências práticas de laboratório, ele demonstrou a existência de três tipos de escoamento, o LAMINAR, o TRANSITORIO, e o regime TURBULENTO. A corrente laminar ou escoamento laminar se caracteriza por um escoamento em camadas planas onde as moléculas do fluido estão aderentes umas as outras, fluindo de maneira organizada onde podemos afirmar; escoamento tranqüilo, e em camadas paralelas.

Na corrente turbulenta, ou regime turbulento, o escoamento ou a vazão é vista com oscilações das moléculas em torno de seu próprio eixo, o que caracteriza uma mistura intensa do líquido em si próprio onde as camadas planas não mais existem. O movimento das partículas ou moléculas é desordenado e suas trajetórias são sem forma definida e complicada de se analisar.

Depois da conclusão de seu trabalho de pesquisa, Reynolds nomeou seu número absoluto como sendo o NÚMERO DE REYNOLDS, o qual constitui hoje a base do comportamento de sistemas reais do escoamento, sendo o mesmo empregado nos estudos dos fluidos em geral e, também em modelos reduzidos como na dinâmica de asas de avião, automóveis, edificações, etc.

A mudança de regime no escoamento ocorre a uma velocidade chamada crítica, diretamente proporcional a viscosidade e inversamente proporcional ao diâmetro do tubo, ou seja;

$$V_{cr} = K_{cr} \cdot \nu/D$$

O coeficiente adimensional de proporcionalidade K_{cr} , tem um significado universal. Isto significa que a mudança de regime de escoamento ocorre sempre quando a relação entre a velocidade, o diâmetro e a viscosidade mudam de valor. Portanto;

$$K_{cr} = V_{cr} \cdot D/\nu, \text{ onde;}$$

K_{cr} = número crítico de Reynolds

V_{cr} = Velocidade crítica, m/s

D = Diâmetro do tubo, m

ν = Viscosidade cinemática, m²/s

Experimentalmente, Reynolds demonstrou que o número crítico

De Reynolds é igual a 2300, sendo a relação;

$$Re = V \cdot D / \nu \quad - \quad O. \text{ Reynolds}$$

Todavia, se Re for maior que Re_{cr} , a corrente ou o regime de escoamento é turbulento. Sendo Re menor que Re_{cr} , a corrente é sempre laminar. A partir do número de Reynolds 2300 até ao número 3000, notou-se certa tendência ou variação do regime, significando desagregação ou cisalhamento entre as moléculas do fluido. A partir do momento que se injeta mais energia de velocidade ao fluido, mais moléculas se rompem de sua adesão molecular até que todas elas entram em seu movimento rotacional desordenado, caracterizando assim, o escoamento turbulento propriamente dito. O valor do número de Reynolds para essa nova situação de fluxo seria $Re \geq 3000$. Na prática atual de trabalho com o fluido água a 22 graus, dizemos que Re , a partir de 0 até 3000, o regime é LAMINAR. De 3000 até 4000 o regime é transitório, ou seja, ainda existirá moléculas fluindo aderente entre si, não cisalhadas em sua totalidade pela energia de velocidade do sistema. A partir de 4000 até o valor infinito, o regime passa a ser turbulento. Diante do estudo e dos limites impostos por Reynolds, fica uma grande dúvida nessa definição dos limites. Vejamos: na fórmula de Reynolds

$Re = V \cdot D / \nu$ se fixarmos a velocidade crítica para um Re também crítico de 3000, aumentando-se o diâmetro do tubo para um valor maior, o número de Reynolds aumentará, todavia, a velocidade que é a energia do sistema permanecerá a mesma, porém, o número de Reynolds aumentará nos mostrando que o regime mudou para turbulento. Veja o exemplo, primeiramente para um regime ainda laminar com $Re = 3000$.

$$Re = 3000 = 0,03 \text{ m/s} \cdot 0,1 \text{ m} / 1,00 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

Aumentando o diâmetro do tubo para 500 milímetros, o novo número de Reynolds seria;

$$Re = 0,03 \text{ m/s} \cdot 0,5 \text{ m} / 1,00 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} = 15000$$

Como se pode observar, a velocidade que é a energia dinâmica do sistema permaneceu a mesma, porém, o número de Reynolds subiu para 15000 que é completamente identificador de um regime turbulento. Como explicar tal fenômeno, ou discrepância. Por outro lado, estudando o assunto, analisei e verifiquei a edição de uma nova fórmula para o cálculo do número de Reynolds que também traz em sua essência a mesma conotação da fórmula do Reynolds.

Tal fórmula seria;

$$Re = k \cdot Q / v \cdot D \quad - \quad G. Lamon$$

Essa formula é simplesmente, em termos gerais, a formula original de Reynolds modificada para expressar o resultado do número de Reynolds para uma dada ou conhecida vazão ao invés da velocidade.

onde;

k = constante de proporcionalidade, valendo 1,273

Q = Vazão em m³/s

D = Diâmetro do tubo em metro

v = Viscosidade cinemática m²/s para água a 20 graus.

Eis alguns exemplos comparativos;

Para; V = 0,03 m/s

D = 0,1 m

v = 1,0 . 10⁻⁶ m²/s

Re1 = 3000

$$Re2 = k \cdot Q / v \cdot D = 1,273 \cdot 0,03 \cdot k \cdot Q / v \cdot \pi D^2 / 4 / 1,00 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \cdot 0,1\text{m}$$

$$Re2 = 1,273 \cdot 0,03 \cdot \pi D^2 / 4 / 1,00 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \cdot 0,1\text{m}$$

$$Re2 = 2999$$

Re para V = 0,1 m/s

D = 0,1 m

v = 1,00 . 10⁻⁶ m²/s

$$Re1 = V \cdot D / v = 0,1 \cdot 0,1 / 1,00 \cdot 10^{-6} = 10000$$

$$Re2 = k \cdot Q / 1,00 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \cdot 0,1\text{m} = 1,273 \cdot \pi D^2 / 4 / 1,00 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \cdot 0,1 = 9998$$

Re para V = 1,2 m/s

D = 0,2 m

v = 1,00 . 10⁻⁶ m²/s

$$Re1 = V \cdot D / v = 1,2 \cdot 0,2 / 1,00 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} = 240000$$

$$Re2 = k \cdot Q / v \cdot D = 1,273 \cdot 1,2 \cdot \pi D^2 / 4 / 1,00 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \cdot 0,2 = 239955$$

CONCLUSÃO

Re1 = V . D/ v - Fixando a velocidade do sistema teremos;
Aumento do diâmetro, Re cresce
Diminuindo o diâmetro, Re diminui

Re2 = k . Q/ v .D – Fixando a vazão do sistemas teremos;
Aumento do diâmetro, Re diminui
Diminuindo o diâmetro, Re aumenta

Diante dos fatos apresentados e expostos nesse artigo, creio que nas experiências conduzidas no passado, a questão da laminaridade, transitoriedade e turbulência foi levado a cabo em apenas um diâmetro de tubo em particular onde não se preocupou, observou ou investigou o fato de se aumentar o diâmetro conservando-se a mesma energia ou velocidade do fluxo escoante ou mesmo no caso inverso, manter a vazão constante, aumentando-se o diâmetro.

CONSIDERAÇÕES IMPORTANTES

Analizando melhor e, com mais profundidade de investigação física aplicada, a formula simplificada de Reynolds; **Re1 = V . D/ v** ou mesmo a formula, **Re2 = k . Q/ v . D** acreditamos que as mesmas não deveria ser aplicada literalmente sem se impor limites qual seja, não aplicá-las em vazões ou velocidades super baixa ou mesmo em diâmetros super alto. O número de Reynolds primordial divulgado em 1883 por O. Reynolds, teve como base uma relação de forças hidráulicas, ou seja, **Re = Força de inércia / força de viscosidade**

Força de inércia, significa a força necessária para movimentar uma determinada massa de água.

Força de viscosidade, significa uma força de resistência a movimentação dessa massa de água. Então,

$$\text{Re} = \frac{\text{Força de Inércia}}{\text{Força de Viscosidade}} = \frac{\frac{\rho v^2}{gD}}{\frac{\mu v}{gD^2}} = \frac{vD\rho}{\mu}$$

como, $\rho/\mu = v$, teremos **Re1 = V . D/ v**, que é a formula normal de nosso amplo conhecimento.

V = velocidades

g = aceleração da gravidade local

D = diâmetro da tubulação
 ρ = massa específica da água (densidade)
 μ = viscosidade absoluta

Na simplificação da equação primordial de Reynolds chegamos na equação tradicional acima, nossa conhecida normal no campo de utilização prática.

A despeito de estarmos lidando com forças na equação primordial, a dúvida ainda existe quanto ao exposto anteriormente, o que nos leva novamente a concluir que o número de Reynolds quando aplicado deve estar compreendido ou ser usado entre certos limites.

Belo Horizonte, julho de 2012