

UNICAMP

EXPERIÊNCIA DE REYNOLDS EM BANCADA DE LABORATÓRIO

Thais Terra Carnio; Lubienska Cristina Lucas Jaquiê Ribeiro

thais_carnio@hotmail.com; lubi@ft.unicamp.br

Universidade Estadual de Campinas.

Faculdade de Tecnologia. Campus I - Limeira, S.P., Brasil. Tel: +55 19 2113-3467

Palavras-Chave: Reynolds, Escoamento em Tubulações, Prática de laboratório.



INTRODUÇÃO

Osborne Reynolds é um nome muito conhecido na área de ciências exatas por seus muitos estudos e experiências. Os experimentos de Reynolds levam a conhecimentos fundamentais para a formação básica dos alunos das disciplinas de mecânica dos fluidos e hidráulica. Compreender o escoamento em tubulações é de fundamental importância. É através do laboratório que o aluno pode compreender o que ele viu na teoria e até mesmo mostrar a importância da hidráulica na vida delas. Com experiências em laboratório a teoria se transforma em algo palpável aos olhos do estudante. Com isso as disciplinas da área de fluidos que são vistas como complicadas e incompreensíveis podem passar a serem disciplinas agradáveis e bem recebidas pelos alunos, o que levará um retorno dos alunos ao uso do laboratório de hidráulica. Diante disto este trabalho propôs a montagem de equipamento para realização de experimentos no laboratório de hidráulica da Faculdade de Tecnologia o qual estava em fase de re-estruturação. O equipamento é similar ao construído pelo Osborne Reynolds para mostrar os tipos de escoamentos, classificando-os como laminar, de transição e turbulento, visualmente e confirmando os mesmos através de cálculos do número de Reynolds (Re), um cálculo matemático cujo valor revela o tipo de escoamento que um fluido produz em um sistema fechado.

MATERIAIS E METODOLOGIA

A bancada (Figura 01) está localizada no Laboratório de Hidráulica da Faculdade de Tecnologia da UNICAMP e é composta por basicamente: um reservatório de água de cor preta (1) preso à parede; este conectado a uma tubulação(2) que conecta o tubo de acrílico de 24 mm(3) com a válvula controladora da saída de corante (4). A cima do reservatório se encontra o recipiente contendo o corante de cor azul (funil de separação)(5) alimentado por um suporte metálico(6) para que haja pressão. Logo no fim da tubulação de acrílico se encontra a torneira(7), onde vai se controlar a vazão, em baixo localiza-se o balde plástico(8) com 20 L e dentro a proveta de 250 mL.

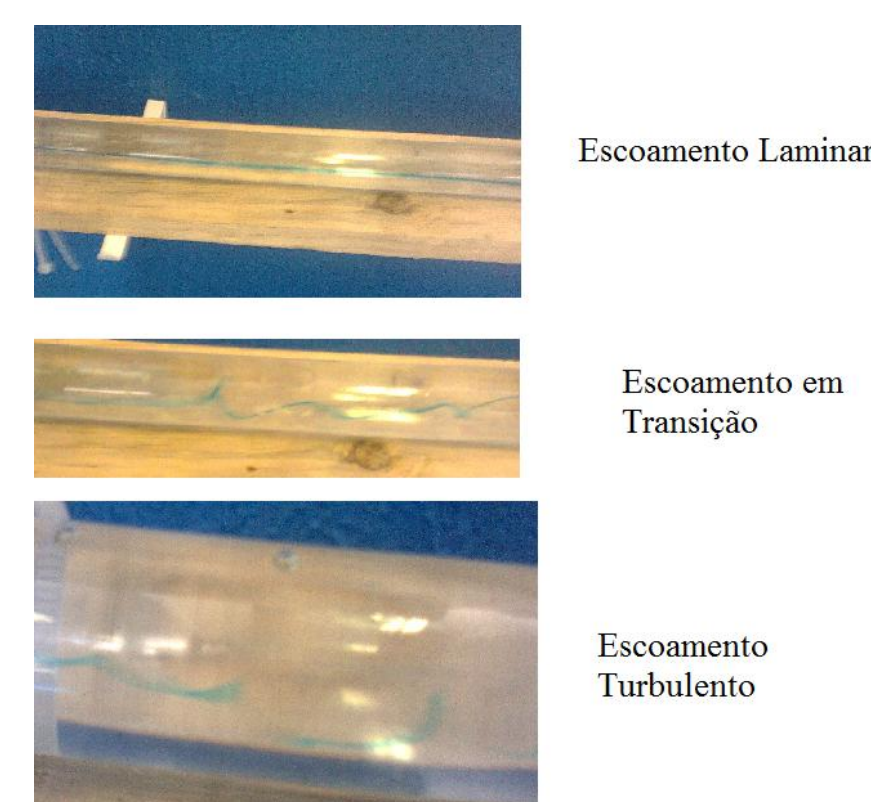
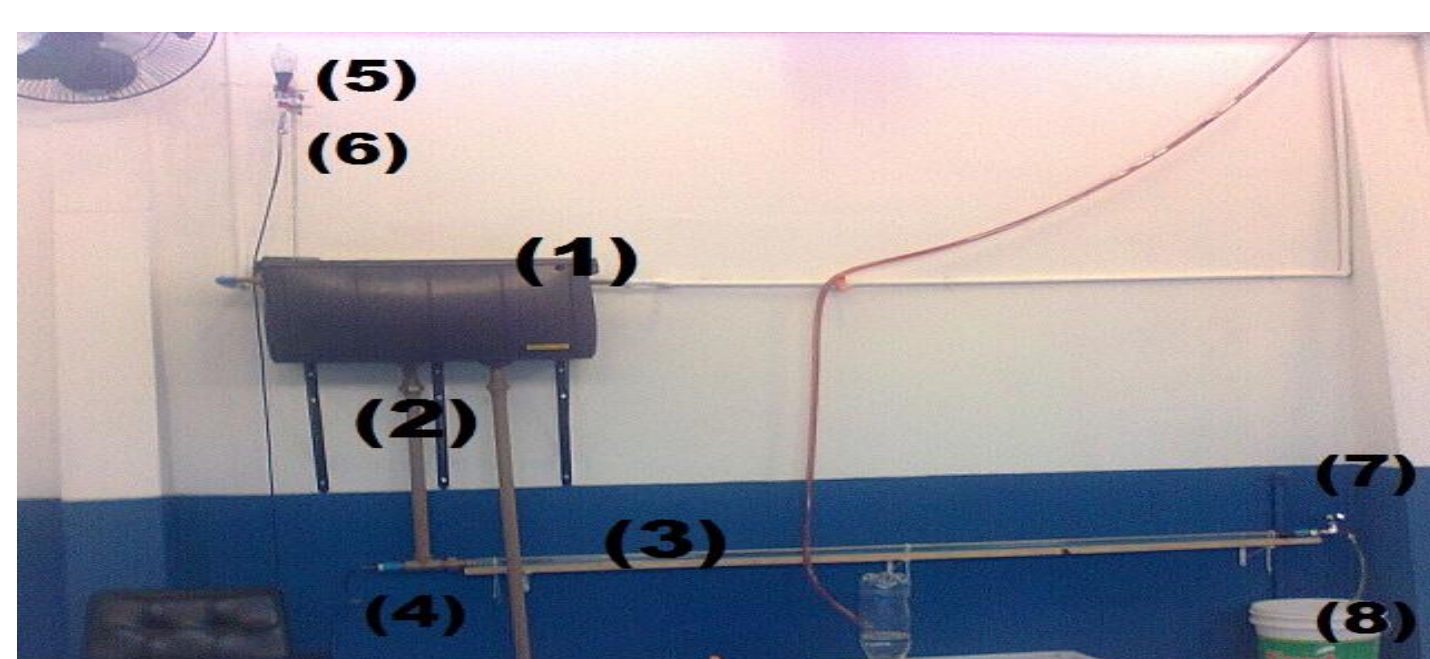


Figura 1: Bancada do laboratório e caracterização dos tipos de escoamento observado

Primeiramente retira-se a tampa do recipiente onde esta contido o corante de cor azul de metileno, para que pudesse haver a entrada de ar. Foi-se necessário abrir o registro para manter sempre o mesmo nível de água no reservatório, tendo assim estabilidade ao mesmo tempo em que a torneira esta aberta.

Girou-se lentamente a válvula do recipiente do corante, onde se controla a quantidade de corante, deixando sair uma quantidade adequada para a visualização do filete. Abriu-se lentamente a torneira localizada no final da extremidade para controlar a vazão. Esperou-se haver uma estabilização.

Controlando-se a vazão pela torneira abriu-se bem pouco, até que a água escorresse pelo duto. Esperou-se o filete do corante se estabilizar, e percebeu-se pelo tubo de acrílico transparente a formação de um filete contínuo, sendo caracterizado então como escoamento laminar. Assim começou-se a determinação da vazão de forma direta volume/tempo, cronometrou-se o tempo gasto para se recolher um certo volume d'água num tubo graduado, no caso a proveta. Fez-se isso três vezes para a medição da vazão no escoamento que se encontrava laminar, anotou-se os valores.

Girou-se lentamente a torneira para ter um aumento na vazão, esperou-se um tempo para que o filete se estabilizasse, então pode-se notar que o filete começou a ondular, já estava em sua fase caracterizada como transição. Também foi cronometrado o tempo gasto para se recolher um certo volume d'água em uma proveta. Fez-se isso uma vez para a medição da vazão no escoamento que se encontrava em transição, anotou-se os valores.

Continuou-se abrindo a torneira, para que novamente houvesse um aumento na vazão, notou-se assim que rapidamente o filete de cor azul já estava com perturbações intensas, caracterizando assim o escoamento turbulento. Cronometrou-se o tempo gasto para se recolher um certo volume d'água em uma proveta. Fez-se isso uma vez para a medição da vazão. Anotou-se todos os valores para realização dos cálculos posteriormente.

$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot D}{\mu}$		Re	= número de Reynolds	= valor adimensional
		ρ	= massa específica	= kg/m ³
	Sendo:	V	= velocidade	= m/s
		D	= diâmetro do tubo	= m
		μ	= viscosidade	= 10 ⁻⁶ N.s/m ²

Tabela 1: Fórmula usada para o cálculo de Reynolds

RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com os dados obtidos na realização do experimento, pegaram-se os volumes medidos em seus respectivos tempo e através da fórmula $Q=V/t(s)$ calculou-se a vazão. Procurou-se sempre medir a mesma quantidade de volume = 250 mL, variando o tempo e a vazão da torneira. Anotando-se as vazões, através da fórmula da equação da continuidade, podemos concluir a fórmula da velocidade. Como o fluido usado é a água adotamos que a viscosidade dinâmica como 10⁻⁶ e o diâmetro 0,024m.

Feito os cálculos do Número de Reynolds(Re), com os resultados obtidos comparou-se com a teoria $Re \leq 2000$ o escoamento seria laminar; $Re \geq 4000$ o escoamento seria turbulento; e entre 2000 e 4000 seria de transição

Ensaio I	vol (mL)	t(s)	Q(m ³ /s)	Re	Tipo de Escoamento Observado	Tipo de escoamento por cálculos
1	250	70	3,571x10 ⁻⁶	189	Laminar	Laminar
2	250	32,85	7,610x10 ⁻⁶	403	Laminar	Laminar
3	250	8,2	3,048x10 ⁻⁵	1617	Laminar	Laminar
4	250	4,7	5,319x10 ⁻⁵	2821	Transição	Transição
5	250	1,35	1,851x10 ⁻⁴	9824	Turbulento	Turbulento

Tabela 2: Dados resumidos do ensaio I e a comparação do tipo de escoamento observado/cálculos

Ensaio II	vol (mL)	t(s)	Q(m ³ /s)	Re	Tipo de Escoamento Observado	Tipo de escoamento por cálculos
1	58	12	4,83x10 ⁻⁶	256,23	Laminar	Laminar
2	75	13	5,76x10 ⁻⁶	305,57	Laminar	Laminar
3	169	4,23	3,99x10 ⁻⁵	2116	Transição	Transição
4	237	3,41	6,95x10 ⁻⁵	3687	Transição	Transição
5	239	2,14	1,11x10 ⁻⁴	5888	Turbulento	Turbulento

Tabela 3: Dados resumidos do ensaio II e a comparação do tipo de escoamento observado/cálculos

CONCLUSÃO

Conclui-se que no primeiro momento o escoamento laminar não tem dúvidas, o filete fica retilíneo durante todo o percurso do tubo. Após abrir mais a torneira percebeu-se pequenas oscilações, sem desfazer o filete, o que seria praticamente na transição, ou entrando nesse tipo de escoamento. Nota-se que começa laminar, mas em alguns centímetros percorridos pelo tubo o filete se dispersa, formando ondulações "calmas" o que caracteriza a transição. Abrindo-se ainda mais a torneira percebeu-se que nem chega a formar o filete, logo entra em grandes oscilações perturbadoras, o que caracteriza a entrada no escoamento turbulento. Tudo o que foi observado pode-se comprovar pelos cálculos feitos de acordo com tabela 2 e 3. Pelo experimento no laboratório, foi possível restabelecer o experimento de Reynolds evidenciando a suas conclusões através da comparação dos tipos de escoamentos e contratando também visualmente os resultados matemáticos com os experimentos físicos. Pode-se notar que com a realização da experiência em laboratório a teoria se transforma em algo palpável aos olhos dos estudantes.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha orientadora Lubienska Cristina Lucas Jaquiê Ribeiro pelo apoio, minhas queridas amigas pela ajuda no desenvolvimento ao longo deste projeto. Aos funcionários do laboratório de Hidráulica Carlos e Geraldo, e ao PIBIC/Sae pela bolsa.