



A PRÁXIS DA TECNOLOGIA NA EDUCAÇÃO DE ENGENHARIA: EXPERIÊNCIA DE REYNOLDS

Anne Ruth Ribeiro Rocha – anne.ribeiro.rocha@hotmail.com

Universidade de Brasília, Faculdade do Gama
Área Especial, Projeção A, UnB – Setor Leste
CEP 72444-240 – Gama – Distrito Federal

Flávio Massa Fiameni – flaviofiameni@hotmail.com

Universidade de Brasília, Faculdade do Gama
Área Especial, Projeção A, UnB – Setor Leste
CEP 72444-240 – Gama – Distrito Federal

Josiane do Socorro Aguiar de Souza – josiane@unb.br

Universidade de Brasília, Faculdade do Gama
Área Especial, Projeção A, UnB - Setor Leste
CEP 72444-240 – Gama– Distrito Federal

Luciana Morais de Freitas – moraisluciana@yahoo.com.br

Universidade de Brasília, Faculdade do Gama
Área Especial, Projeção A, UnB - Setor Leste
CEP 72444-240 – Gama– Distrito Federal

Resumo: *A educação na engenharia é facilitada pelas atividades práticas. Nesse contexto, esse trabalho apresenta os resultados obtidos na proposta de um aparato experimental em que tem-se a reprodução do experimento de Reynolds. Há a visualização dos tipos de escoamento laminar, transitório e turbulento. Conforme a vazão requerida para a reprodução de cada tipo, há a análise numérica do número de Reynolds tendo como referência seus limites. Além dos resultados experimentais, ocorreu a motivação dos alunos para enfrentarem problemas práticos do curso e também o aprendizado do método científico necessário para a sua vida profissional. Concluímos que a teoria de Vigotski é plausível, a práxis é uma condição pedagógica necessária à educação.*

Palavras chave: *Reynolds, escoamento laminar, escoamento turbulento.*

1. INTRODUÇÃO

O aprendizado na engenharia é facilitado a partir de atividades práticas. O aluno é capaz de fixar o conteúdo e adquirir conhecimento através da aplicação de práticas laboratoriais. O conteúdo teórico é de fundamental importância para a formação do discente, porém apenas a leitura torna o exercício de aprender um quanto monótono, o que diminui a qualidade de



absorção do assunto estudado. É nesse contexto que se propõe inserir atividades práticas e manuais a fim de maximizar o aprendizado tornando-o mais interessante.

Diante disso, o estudo do comportamento dos fluidos é melhor entendido a partir da reprodução do experimento de Reynolds. A grande importância do número de Reynolds se dá na avaliação do tipo do escoamento - da estabilidade do fluxo - e pode indicar se esse fluido é de forma laminar ou turbulenta. A visualização do comportamento que o fluido tem diante da vazão designada facilita o entendimento do conceito do número de Reynolds.

Assim, a reprodução da experiência de Reynolds desenvolvida neste trabalho tem como objetivo visualizar e comparar os tipos de escoamentos internos em tubos cilíndricos, a partir dos dados laboratoriais, com os limites estabelecidos por Reynolds.

2. A PRÁXIS

O experimento de Reynolds, apresentado em 1883, demonstrou dois tipos de escoamento. O aparato experimental proposto se baseia em um reservatório de água, que alimenta o escoamento, em um tubo transparente. Um outro reservatório com corante é interligado ao mesmo, no qual possui uma agulha que injeta o corante dentro do tubo. Assim, como uma torneira regulando a vazão da água, é possível observar o escoamento do fluido colorido.

O escoamento, em relação a sua trajetória, é classificado em *laminar*, quando em velocidades baixas as linhas de corrente se comportam como “laminas” paralelas; e em *turbulento*, quando em velocidades mais altas, as linhas de correntes formam vórtices (pequenos turbilhões) (WHITE, 2011; BRUNETTI, 2011).

Entre os dois escoamentos há uma fase de transição a qual caracteriza um regime *transitório* (ou de transição). É uma fase que apresenta grande instabilidade não qual qualquer perturbação transforma o escoamento em turbulento (WHITE, 2011).

Os limites do número de Reynolds caracterizam o escoamento. No caso de um tubo cilíndrico escoando água, os valores limites de Reynolds é de 2.000 e 2.400. Desta forma, para valores menores que 2.000 o escoamento será laminar, e para valores maiores que 2.400 o escoamento será turbulento. Entre estes dois valores o escoamento é considerado transitório (FOX, 2001);

Um fluido com corante é inserido no fluxo de água no tubo transparente por uma agulha fazendo com que surja um filete colorido permitindo, assim, a visualização comportamental do seu escoamento.

Em sua experiência, Reynolds percebeu que a velocidades baixas do fluxo de água o filete colorido formava um único filamento ao longo do tubo transparente, caracterizando um escoamento *laminar*. Conforme se aumentava a velocidade o filete colorido se tornava cada vez mais “ondulado” formando vórtices, caracterizando um escoamento *turbulento*. A visualização desses filetes é representada pela figura a seguir.

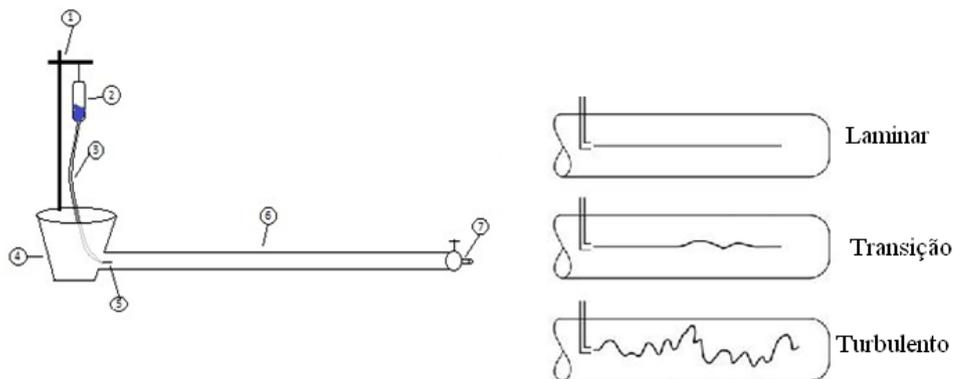


Figura 1 - Demonstrativo de escoamentos

2.1. A replicação do experimento de Reynolds

Para a montagem do aparato experimental foi utilizado um balde de plástico como reservatório de água e um vasilhame vazio de detergente como reservatório de corante.

Foi feito um furo no reservatório de água para o encaixe do tubo de acrílico através de dois bocais rosqueados. Na outra extremidade do tubo foi encaixado a torneira. Separadamente, o reservatório de corante foi encaixado a mangueira e a outra extremidade desta, a agulha. Nos encaixes foi utilizado o silicone, a cola plástica e fita isolante para assegurar a vedação e, portanto, o não vazamento do fluido.

Para o suporte do reservatório de corante foi usado uma vara de pescar acoplada ao reservatório de água. Com o auxílio de um barbante preso no reservatório de corante pode-se controlar a altura do reservatório no suporte. Controlando a altura, controla-se a velocidade de saída do fluido colorido e, conseqüentemente, a vazão.

Com o aparato montado e as dificuldades superadas é dado o início da experiência. Primeiramente, enche-se o reservatório de água e abre-se a torneira para retirar as bolhas de ar. Com o aparato todo preenchido com água é, então, lançado o filete colorido no tubo de acrílico. A vazão do escoamento da água é variada através da torneira para que seja possível observar os diferentes filetes formados.

A torneira foi regulada até que se pode visualizar o escoamento laminar. Mediu-se, então, a água despejada no béquer em determinado tempo medido por um cronômetro. Com o volume e o tempo pode-se calcular a vazão utilizada.

Foi aumentada a vazão até a visualização do escoamento transitório e turbulento. De maneira similar, foi efetuada a leitura na graduação do béquer no mesmo tempo marcado no cronômetro anteriormente. Assim, calcula-se a vazão utilizada.

A seguir tem-se na figura 2 a representação do aparato experimental montado:

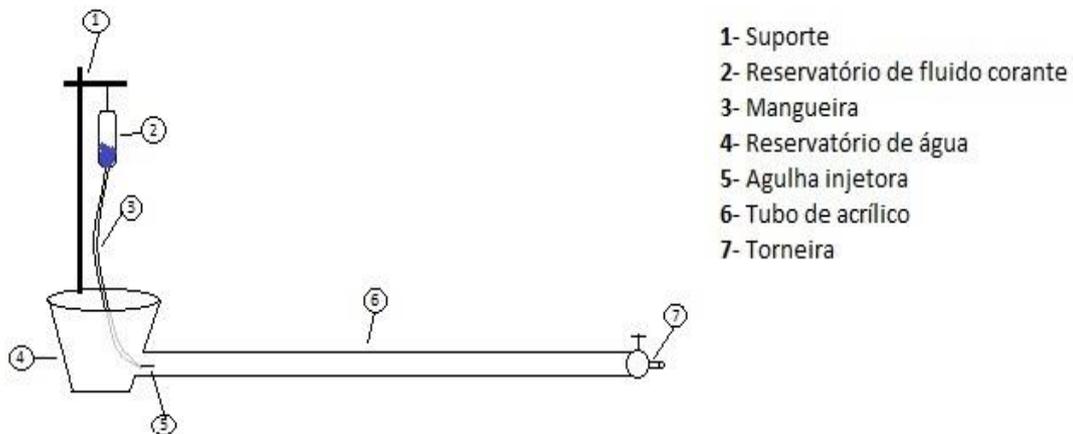


Figura 2 - Aparato Experimental

1.1. Equacionamento

Ao relacionar as forças que agem no escoamento, Reynolds deduziu um parâmetro adimensional dado por:

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot D}{\mu} = \frac{V \cdot D}{\nu} \quad (1)$$

Em que:

Re = número de Reynolds [-];

ρ = massa específica do fluido [kg/m^3];

V = velocidade média do escoamento [m/s];

D = diâmetro interno do tubo [m];

μ = viscosidade dinâmica do fluido escoante [$N \cdot s/m^2$];

ν = viscosidade cinemática do fluido escoante [m^2/s] (WHITE,2011).

Sendo a velocidade média:

$$V_m = \frac{1}{A} \int_A V \cdot dA \quad (2)$$

Através de uma análise dimensional dos parâmetros físicos importantes ao seu experimento (Eq. 1), Reynolds obteve um parâmetro adimensional.

Seja:

$$F(r, V, L, \mu, F, g, c) = 0 \quad (3)$$

Onde:

ρ = massa específica do fluido;

V = velocidade;

L = comprimento;

μ = viscosidade dinâmica do fluido;

F = força oposta ao movimento;

g = aceleração da gravidade;

c = velocidade do som (WHITE,2011).

Tem-se que:

$$Re = \frac{\text{Forças de inércia}}{\text{Forças de atrito viscoso}} \quad (4)$$

3. PRINCIPAIS RESULTADOS

Com todas as medições feitas foi calculado o número de Reynolds pela equação 1 comparamos com os limites estabelecidos:

- Se $Re \leq 2000$ - escoamento laminar;
- Se $2000 < Re < 2400$ - escoamento de transição;
- Se $Re \geq 2400$ - escoamento turbulento (WHITE,2011).

Para os cálculos foi considerado o tempo de 2 minutos (120 segundos) de escoamento do fluido para a leitura do béquer e posterior cálculo da vazão. O tubo de acrílico tem 26 mm de diâmetro (0,026 m) o que corresponde a uma área de secção interna (A) de $5,3066 \times 10^{-4} \text{ m}^2$. Por fim, a viscosidade dinâmica da água foi considerada aproximadamente 10^{-6} m/s^2 .

A tabela a seguir descreve os resultados observados do comportamento do fluido nos cinco (5) ensaios realizados a partir das vazões medidas e o número de Reynolds calculado respectivamente.

Tabela 1 - Ensaios Realizados

ENSAIO	VAZÃO ($10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$)	REYNOLDS	COMPORTAMENTO
1	1,667	81,65	Laminar
2	4,46	218,44	Laminar
3	37,70	1849,63	Transitório
4	52,08	2551,69	Turbulento
5	61,04	2990,70	Turbulento

A seguir tem-se a visualização do comportamento do perfil do fluido para cada ensaio realizado respectivamente.



Figura 3 - Ensaio 1: Perfil Laminar

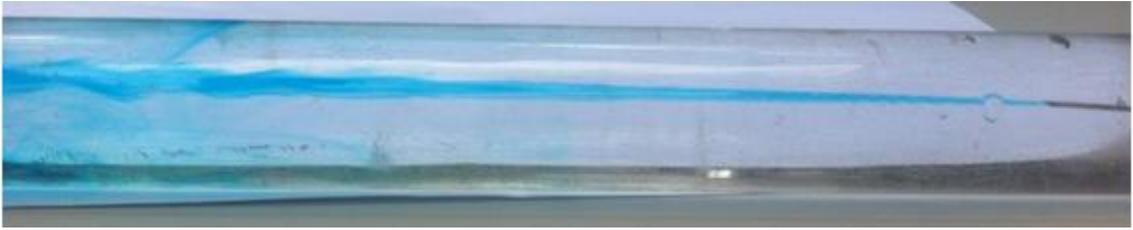


Figura 4 - Ensaio 2: Perfil Laminar



Figura 5 - Ensaio 3: Perfil Transitório



Figura 6 - Ensaio 4: Perfil Turbulento



Figura 7 - Ensaio 5: Perfil Turbulento

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma das maiores dificuldades encontrada na montagem do aparato experimental foi os vários vazamentos ocorridos, fazendo com que a vedação fosse refeita muitas vezes. Outro problema enfrentado foi o encaixe da agulha no centro do tubo de acrílico para a perfeita visualização do filete. Para isso foi utilizado um arame fazendo um X na secção interna do tubo, o que apoiou a agulha no meio do tubo de acrílico.

Já na realização da experiência a dificuldade encontrada foi a de controlar a velocidade do fluido colorido. Primeiro foi utilizado uma válvula acoplada à mangueira que controlava a vazão de fluido. Porém esta não se mostrou eficaz. Então, foi decidido utilizar o sistema com barbante mencionado acima, o qual resolveu o problema. Ao manipular a altura do reservatório do corante, manipulava-se a velocidade de saída do fluido.



Com as dificuldades superadas a experiência foi realizada com êxito. As comparações do resultado experimental com a literatura se mostraram coerentes com os limites estabelecidos por Reynolds.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRUNETTI, F; Mecânica dos Fluidos. 2^a ed. Ed. Pearson. São Paulo, 2011.

FOX, R. W; A. T., McDonald. Introdução à Mecânica dos Fluidos. 5^a ed. Ed. Editora LTC. Rio de Janeiro, 2001.

WHITE, F. M; Mecânica dos Fluidos. 6^a Ed. Editora AMGH. Porto Alegre, 2011.

THE PRAXIS TECHNOLOGY IN ENGINEERING EDUCATION: EXPERIENCE OF REYNOLDS

Abstract: *The education in engineering is facilitated through practical activities. In this context, this paper presents the results obtained in the proposal of an experimental apparatus has been playing the Reynolds experiment. There is the view of the types of laminar, transitional and turbulent flow. As the flow required for reproduction of each type, there is the numerical analysis of the Reynolds number with reference to its limits. In addition to the experimental results, was the motivation of students to face practical problems of course and also the learning necessary for their professional life scientific method. We conclude that Vygotsky's theory is plausible, praxis is a necessary condition pedagogical education.*

Keywords: *Reynolds, laminar flow, turbulent flow.*