

## EXPERIMENTO DIDÁTICO DE REYNOLDS E CONCEITOS BÁSICOS EM MECÂNICA DOS FLUIDOS

F. M. C. SILVA; M. F. APOLINÁRIO; A. M. O. SIQUEIRA; A.L.M. CANDIAN, L. A. F.  
MOREIRA, M.R. SARTI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Química  
E-mail: filipe.carvalho@ufv.br

**RESUMO:** *Os escoamentos podem ser caracterizados como: escoamento laminar ou turbulento; uniforme ou transiente e compressível e incompressível. O número de Reynolds é uma grandeza adimensional que caracteriza o movimento de fluidos, sendo definido pela razão entre forças inerciais e forças viscosas. O presente trabalho teve como objetivo utilizar um experimento didático da disciplina de Laboratório de Engenharia Química, especificamente Mecânica dos Fluidos, para evocar os seguintes estes conceitos vistos em sala de aula, bem como: a) diâmetro hidráulico; b) número de Reynolds; c) vazão mássica e vazão volumétrica; d) velocidade média do escoamento; (e) equação da continuidade, e visualizar os diferentes regimes de escoamento: laminar, transição e turbulento. A observação experimental possibilitou uma classificação do escoamento coerente com aquela dos cálculos. Neste experimento, foi confirmada, matematicamente pela análise de propagação de incertezas, usando o programa EES, a contribuição significativa da medida do volume de água nos valores dos erros experimentais. O efeito da temperatura e a contribuição de sua incerteza também foram verificados na determinação do número de Reynolds.*

**PALAVRAS-CHAVE:** Número de Reynolds; Escoamento de Fluidos; Engenharia Química; Fenômenos de Transporte; Bancada didática.

---

### 1. INTRODUÇÃO

O estudo do escoamento de fluidos é de grande importância para a engenharia. Escoamento é o processo de movimentação das moléculas de um fluido. Os escoamentos podem ser descritos de acordo com parâmetros físicos e/ou pelo comportamento dos parâmetros ao longo do espaço e do tempo.

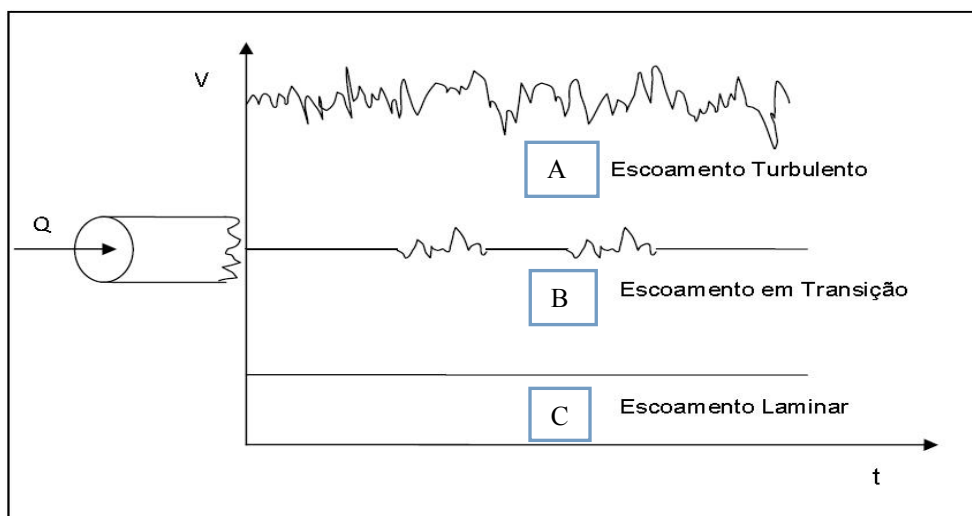
Ao se avaliar um determinado escoamento, faz-se necessário considerar o comportamento do vetor velocidade do fluido ao deslocar-se por uma dada região. Definindo-se velocidade instantânea por meio do vetor velocidade, pode-se inferir que a velocidade de determinado elemento de fluido em um dado instante é definida em termos das coordenadas espaciais  $x$ ,  $y$  e  $z$ , e pelo tempo de deslocamento, como expresso na Equação 1 (FOX e MCDONALD, 2006).

$$\mathbf{V} = (\hat{x}, \hat{y}, \hat{z}, t) \quad (1)$$

Se as propriedades de cada componente espacial não variam com o tempo o escoamento é definido como permanente, ou seja, se o módulo, o sentido e a direção da velocidade nos eixos x, y e z são constantes durante o deslocamento. Influenciados pela velocidade, os escoamentos são caracterizados como: escoamento laminar ou turbulento; e como escoamento uniforme ou transiente.

Escoamento laminar é aquele que tem por característica o deslocamento das partículas em camadas lisas e trajetória retilínea, e apresenta um vetor deslocamento contínuo durante todo o escoamento. Escoamento turbulento ocorre quando as partículas sofrem flutuações aleatórias no campo tridimensional de velocidades, provocando um deslocamento desordenado nas moléculas ao longo do trajeto.

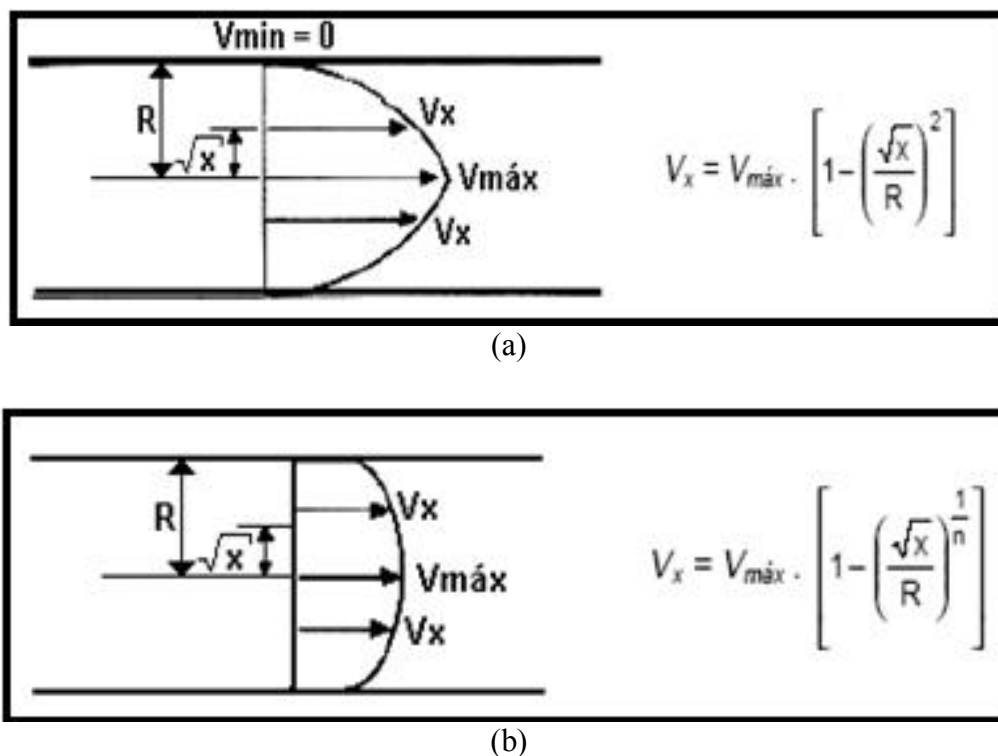
Uma visualização do escoamento como laminar, turbulento ou em transição, pode ser aquela apresentada pela Figura 1, numa bancada de Número de Reynolds.



**Figura 1 - Regimes de escoamentos típicos.**

A - Visualização do Regime Laminar - Reynolds inferior a 2.000: *Filete de corante, escoando com leve desvio, porém sem perturbações.* B - Visualização do Regime de Transição- Reynolds entre 2.000 e 2.300: *Filete de corante escoando na transição, com pulsos intermitentes de turbulência.* C - Visualização do Regime Turbulento - Reynolds maior que 2.300: *Corante mistura rapidamente e se torna disperso.*

Desta forma, tem-se escoamento laminar, mostrado na Figura 2 (a), quando a trajetória descrita pelas moléculas for paralela; escoamento turbulento, mostrado na Figura 2 (b), quando as trajetórias não possuem uma linha de fluxo devido a existência de muitas camadas e da variações de velocidade serem menores; e escoamento de transição, quando o escoamento não for nem tão uniforme quanto o laminar nem sua agitação for tão grande para ser considerado uniforme.



**Figura 2 - Padrões de escoamentos típicos e perfis de velocidade.**

No entanto, quando o escoamento é influenciado pela massa específica do fluido, caracteriza-o como escoamento compressível e incompressível. Fluidos que possuem massa específica variável ao longo de uma trajetória (a exemplo de alguns gases) apresentam escoamento caracterizado como compressível, enquanto fluidos que apresentam massa específica constante (a exemplo dos líquidos), apresentam escoamento definido como incompressível ((WELTY et al., 2008; FOX e MCDONALD, 2006; BIRD et al, 2004).

Escoamentos incompressíveis são aqueles processos no qual a massa específica do fluido é dependente apenas da temperatura e independente da pressão. Nesse tipo de escoamento, pode-se considerar as variações de massa específica como desprezíveis, uma vez que considera-se a temperatura constante durante o processo. Por outro lado, se essas variações na massa específica forem consideráveis, tem-se o escoamento compressível. No entanto, como a maioria dos líquidos são incompressíveis, não é necessário considerar a variação na massa específica que, caso exista, será muito pequena.

Os escoamentos também podem ser classificados em relação à variação no tempo. Se as propriedades do fluido não variarem em relação ao tempo, estabelecer-se-á o regime permanente, no qual as propriedades podem variar de um ponto a outro, mas nunca em relação ao tempo. Caso contrário, tem-se o regime transiente.

Voltando ao regime, se laminar ou turbulento, tal classificação é oriunda dos experimentos atribuídos a Reynolds. Em 1883, Reynolds realizou um experimento para avaliar o escoamento de fluidos. Para observar com clareza, utilizou uma tubulação transparente por onde escoava um fluido transparente e que pudesse ser acompanhado de um filete de corante no centro do escoamento. Foram testadas diferentes vazões a fim de

observar o comportamento do fluido de acordo com a vazão empregada. Reynolds verificou que em baixas vazões o filete de corante apresentava-se em escoamento laminar, enquanto que em vazões maiores, o escoamento tornava-se turbulento e o filete de corante não mais apresentava a configuração linear (WHITE, 2002), conforme verifica-se na Figura 1.

A partir de então, o regime de escoamento, laminar ou turbulento, passou a ser determinado por um parâmetro adimensional, chamado de número de Reynolds. O número de Reynolds,  $Re$ , é basicamente, uma razão entre forças inerciais e forças viscosas que caracterizam o movimento e que pode ser determinado pela Equação 2:

$$Re = \frac{D \cdot \rho \cdot v_m}{\eta} \quad (2)$$

Ao avaliar o tipo de escoamento por meio do número de Reynolds, predetermina-se que para valores menores que 2000, o escoamento é considerado laminar, entre 2000 e 2300, o escoamento é considerado em transição e acima de 2300 o escoamento é caracterizado como turbulento.

A turbulência ocorre quando forças viscosas no fluido não são capazes de conter flutuações aleatórias no movimento do fluido e o escoamento torna-se caótico. Se no número de Reynolds for “grande” os efeitos viscosos serão desprezíveis, e ao contrário, se o número de Reynolds for “pequeno” os efeitos viscosos serão dominantes (FOX e MCDONALD, 2006).

O efeito da viscosidade do fluido é intimamente ligado à variação do número de Reynolds. Como pode ser observado na equação 2, o aumento da viscosidade de um fluido leva à diminuição do número de Reynolds, uma vez que esta é capaz de conter o efeito das forças aleatórias e manter o fluido em regime permanente em uma vazão razoável (referência). Infere-se ainda o efeito da temperatura sob o escoamento de fluidos: quanto maior a temperatura, menor a viscosidade do fluido e conseqüentemente, maior o número de Reynolds e maior a tendência de ocorrer um escoamento turbulento.

Considerando a discussão sobre a classificação dos escoamentos e a importância da temática para o campo da Engenharia, especificamente a Engenharia Química, no dimensionamento e projetos de instalações de bombeamento de fluidos, ao longo das linhas de produção, reatores, etc., o objetivo do presente trabalho foi utilizar um experimento didático da disciplina de Laboratório de Engenharia Química, especificamente Mecânica dos Fluidos, para evocar os seguintes conceitos: a) escoamento incompressível e em regime permanente; b) escoamento laminar, transição e turbulento; c) diâmetro hidráulico; d) número de Reynolds; e) vazão mássica e vazão volumétrica; f) velocidade média do escoamento; (g) equação da continuidade, bem como visualizar os diferentes regimes de escoamento: laminar, transição e turbulento.

A Metodologia de Kline e McClintock (GUM, 2008; FOX e MCDONALD, 2006; MILLS e CHANG, 2004; DONATELLI e KONRATH, 2005; HOLMAN, 1994) foi utilizada para a determinação da incerteza dos resultados experimentais (ANDRADE et al, 2016; PEREIRA et al, 2016). Para os cálculos, valeu-se do software proprietário *Engineering Equation Solver* (EES), devido a sua facilidade de uso, versatilidade e rapidez dos resultados (CERANTO et al., 2012).

## 2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

O experimento foi realizado conforme instruções de Siqueira e Sato (2016), utilizando uma Bancada didática específica para o estudo do Número de Reynolds (Figura 3). Os materiais e equipamentos utilizados no experimento estão dispostos na Tabela 1.

**Tabela 1 - Instrumentos e materiais utilizados.**

<b>Instrumento/Material</b>	<b>Especificação Marca e/ou modelo</b>	<b>Incerteza associada</b>
Bancada de Número de Reynolds	TecQuipment H215	-
Béquer de plástico com alça	-	12,5mL
Cronômetro	Instrutherm CD-2800	0,01 s
Termômetro	-	0,5°C
Permanganato de potássio	-	-



(a)



(b)

**Figura 3 - (a) Bancada de Número de Reynolds e b) Módulo de Controle de Temperatura.**

A bancada didática (Figura 3 a) é constituída por um conjunto de equipamentos e instrumentos que permite estudar a natureza de uma vazão em um tubo através da observação de um filamento de corante injetado no fluido. Esta bancada consiste de um tubo vidro de 12 mm de diâmetro que está conectado pela parte superior a um tanque de carga constante do qual a água pode fluir para dentro do tubo através de uma entrada moldada na forma de sino. O tanque é alimentado com água por meio de um difusor localizado abaixo da boca de sino.

O difusor provê uma alimentação de água uniforme em todos os lados da boca de sino. Uma suavização adicional da vazão é alcançada passando-se a água através de um leito amortecedor contendo contas de vidro disposta sobre o difusor, obtendo-se assim uma condição de vazão uniforme e estável à entrada em formato de boca de sino. O tubo de alimentação do tanque está localizado na parte traseira do aparelho e foi conectada ao módulo de controle de temperatura (Figura 3b) o qual foi conectado diretamente a uma torneira. Há também um tubo de descarga (ladrão) fixo instalado no tanque de carga para garantir uma carga de água constante.

Uma válvula, na saída do tubo na parte inferior, controla a vazão de água através do tubo de vidro o qual irá sair pelo dreno inferior. Na parte superior há ainda um injetor de corante que é formado por um tubo fino conectado através de uma válvula ao reservatório de corante. O tubo injetor é posicionado de tal forma que sua saída fica centralizada na entrada da boca de sino.

Para o experimento foi utilizado o corante Permanganato de Potássio ( $\text{KMnO}_3$ ), o qual é colocado no reservatório de corante. Após ligar o suprimento de água ajusta-se o nível do tanque de carga constante até que esteja ligeiramente acima do tubo de descarga mantendo-o nesse nível durante todo experimento, permitindo uma pequena vazão através da descarga. Então, liga-se a válvula do injetor de corante para obter um filamento de tintura na vazão do tubo de vidro, logo após foi feito o ajuste do filamento até que ele atravessasse todo o tubo sem nenhuma perturbação.

Através da válvula de controle de descarga a vazão foi ajustada para vários níveis diferentes a fim de se observar perturbação ou não no filete de corante, sendo coletada em dois béqueres distintos - um de 500 ml e outro de 2L - a água proveniente do dreno inferior bem como o proveniente do tubo de descarga fixado no tanque de carga. Para cada vazão ajustada pela válvula foi cronometrado o tempo de enchimento do béquer. Também foi ajustada a temperatura através do módulo de controle de temperatura, para poder observar o efeito da viscosidade na velocidade as quais a transição acontece.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os testes foram realizados em triplicatas, as médias correspondentes dos dados obtidos experimentalmente em cada um dos testes foram organizados conforme a Tabela 2. Neste experimento, primeiramente calcularam-se as vazões volumétricas através de medidas de volume e dos tempos necessários para completar os volumes escolhidos, uma vez que a vazão é a razão entre o volume e o tempo.

Em seguida, encontraram-se os valores das propriedades da água (viscosidade absoluta e massa específica), correspondentes às temperaturas do ensaio em questão. Assim, através da equação 2, calcularam-se os valores do número de Reynolds. Os valores obtidos encontram-se disponíveis na Tabela 3.

Observa-se que os resultados obtidos para o Número de Reynolds, confirmam os regimes de escoamento visualizados. Uma pequena ressalva está relacionada a medida n. 06 (em destaque), para o qual se observou um comportamento visual que correspondia a um regime de transição, o que foi confirmado pelos valores calculados, visto que o número de Reynolds ficou entre 2.000 e 2.300. No entanto, pela visualização, parte dos estudantes definiu o escoamento como laminar e outra parte como turbulento.

Os dados experimentais (Tabela 2) e os resultados obtidos (Tabela 3) estão apresentados, com as suas respectivas incertezas (GUM, 2008; FOX e MCDONALD, 2006; MILLS e CHANG, 2004; DONATELLI e KONRATH, 2005; HOLMAN, 1994)

**Tabela 2 - Dados experimentais médios.**

Teste N.	Volume (mL)	Tempo (s)	Temp. (°C)	Regime Observado
1.	500,0±12,5	9,73±0,01	20,0±0,5	Turb.
2.	500,0±12,5	9,71±0,01	21,0±0,5	Turb.
3.	500,0±12,5	9,45±0,01	21,0±0,5	Turb.
4.	2000,0±12,5	35,90±0,01	21,0±0,5	Turb.
5.	500,0±12,5	9,59±0,01	21,0±0,5	Turb.
<b>6.</b>	<b>2000,0±12,5</b>	<b>97,80±0,01</b>	<b>21,0±0,5</b>	<b>Trans.</b>
7.	500,0±12,5	11,70±0,01	43,0±0,5	Turb.
8.	500,0±12,5	8,88±0,01	45,0±0,5	Turb.
9.	2000,0±12,5	39,30±0,01	45,0±0,5	Turb.
10.	2000,0±12,5	42,40±0,01	50,0±0,5	Turb.
11.	500,0±12,5	35,69±0,01	19,7±0,5	Lam.
12.	500,0±12,5	10,58±0,01	49,0±0,5	Turb.
13.	500,0±12,5	11,13±0,01	41,0±0,5	Turb.
14.	327,0±12,5	29,72±0,01	20,0±0,5	Lam.
15.	500,0±12,5	37,86±0,01	20,4±0,5	Lam.
16.	500,0±12,5	35,69±0,01	19,7±0,5	Lam.
17.	500,0±12,5	9,02±0,01	45,0±0,5	Turb.
18.	500,0±12,5	10,58±0,01	49,0±0,5	Turb.
19.	500,0±12,5	11,13±0,01	41,0±0,5	Turb.
20.	500,0±12,5	37,14±0,01	20,5±0,5	Lam.
21.	327,0±12,5	29,72±0,01	20,0±0,5	Lam.
22.	500,0±12,5	35,69±0,01	19,7±0,5	Lam.
23.	500,0±12,5	8,86±0,01	45,0±0,5	Turb.
24.	500,0±12,5	10,58±0,01	49,0±0,5	Turb.
25.	500,0±12,5	11,13±0,01	41,0±0,5	Turb.
26.	500,0±12,5	37,14±0,01	20,4±0,5	Lam.
27.	327,0±12,5	29,72±0,01	20,0±0,5	Lam.

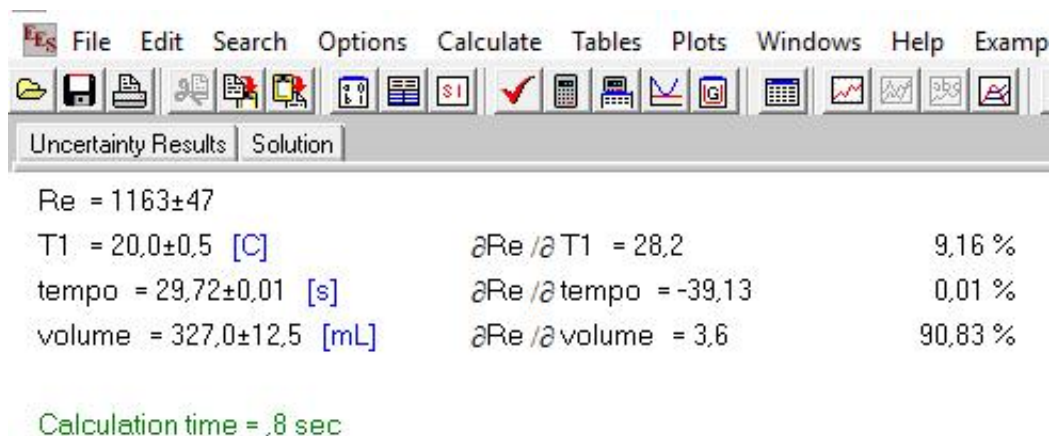
**Tabela 3 - Resultados obtidos.**

Teste N.	Vazão Volumétrica (m <sup>3</sup> /s)	Vazão Mássica (kg/s)	Vel. Media (m/s)	Re (-)	Regime Calc.	Regime Observado
1.	5,14E-05±1,28E-06	5,13E-02±1,28E-03	0,454±0,011	5431±151	Turb.	Turb.
2.	5,15E-05±1,28E-06	5,14E-02±1,28E-03	0,455±0,011	5575±155	Turb.	Turb.
3.	5,29E-05±1,32E-06	5,28E-02±1,32E-03	0,468±0,012	5729±159	Turb.	Turb.
4.	5,57E-05±3,49E-07	5,56E-02±3,48E-04	0,493±0,003	6032±81	Turb.	Turb.
5.	5,21E-05±1,30E-06	5,20E-02±1,30E-03	0,461±0,012	5645±157	Turb.	Turb.
<b>6.</b>	<b>2,04E-05±1,28E-07</b>	<b>2,04E-02±1,28E-04</b>	<b>0,181±0,001</b>	<b>2214±30</b>	<b>Trans.</b>	<b>Trans.</b>
7.	4,27E-05±1,06E-06	4,24E-02±1,05E-03	0,378±0,009	7270±193	Turb.	Turb.
8.	5,63E-05±1,40E-06	5,58E-02±1,39E-03	0,498±0,012	9920±263	Turb.	Turb.
9.	5,09E-05±3,18E-07	5,04E-02±3,15E-04	0,450±0,003	8966±96	Turb.	Turb.
10.	4,72E-05±2,95E-07	4,66E-02±2,92E-04	0,417±0,003	9039±93	Turb.	Turb.
11.	1,40E-05±3,50E-07	1,39E-02±3,50E-04	0,124±0,003	1470±41	Lam.	Lam.
12.	4,73E-05±1,18E-06	4,67E-02±1,16E-03	0,418±0,010	8909±235	Turb.	Turb.
13.	4,49E-05±1,12E-06	4,46E-02±1,11E-03	0,397±0,010	7373±196	Turb.	Turb.
14.	1,10E-05±4,21E-07	1,09E-02±4,20E-04	0,097±0,004	1163±47	Lam.	Lam.
15.	1,32E-05±3,30E-07	1,31E-02±3,30E-04	0,117±0,003	1409±39	Lam.	Lam.
16.	1,40E-05±3,50E-07	1,39E-02±3,50E-04	0,124±0,003	1470±41	Lam.	Lam.
17.	5,54E-05±1,38E-06	5,49E-02±1,37E-03	0,490±0,012	9767±259	Turb.	Turb.
18.	4,73E-05±1,18E-06	4,67E-02±1,16E-03	0,418±0,010	8909±235	Turb.	Turb.
19.	4,49E-05±1,12E-06	4,46E-02±1,11E-03	0,397±0,010	7373±196	Turb.	Turb.
20.	1,34E-05±3,37E-07	1,34E-02±3,36E-04	0,119±0,003	1440±40	Lam.	Lam.
21.	1,10E-05±4,21E-07	1,09E-02±4,20E-04	0,097±0,004	1163±47	Lam.	Lam.
22.	1,40E-05±3,50E-07	1,39E-02±3,50E-04	0,124±0,003	1470±41	Lam.	Lam.
23.	5,64E-05±1,41E-06	5,59E-02±1,39E-03	0,499±0,012	9943±263	Turb.	Turb.
24.	4,73E-05±1,18E-06	4,67E-02±1,16E-03	0,418±0,010	8909±235	Turb.	Turb.
25.	4,49E-05±1,12E-06	4,46E-02±1,11E-03	0,397±0,010	7373±196	Turb.	Turb.
26.	1,34E-05±3,37E-07	1,34E-02±3,36E-04	0,119±0,003	1437±40	Lam.	Lam.
27.	1,10E-05±4,21E-07	1,09E-02±4,20E-04	0,097±0,004	1163±47	Lam.	Lam.

A análise de propagação de incertezas mostra que a maior fonte de incertezas na determinação das vazões mássica e volumétrica no experimento está associada a determinação dos volume, representando 99,99%. Ou seja, para que os resultados sejam qualificados, deve-se utilizar um balde, béquer ou outro vasilhame, com menor incerteza.

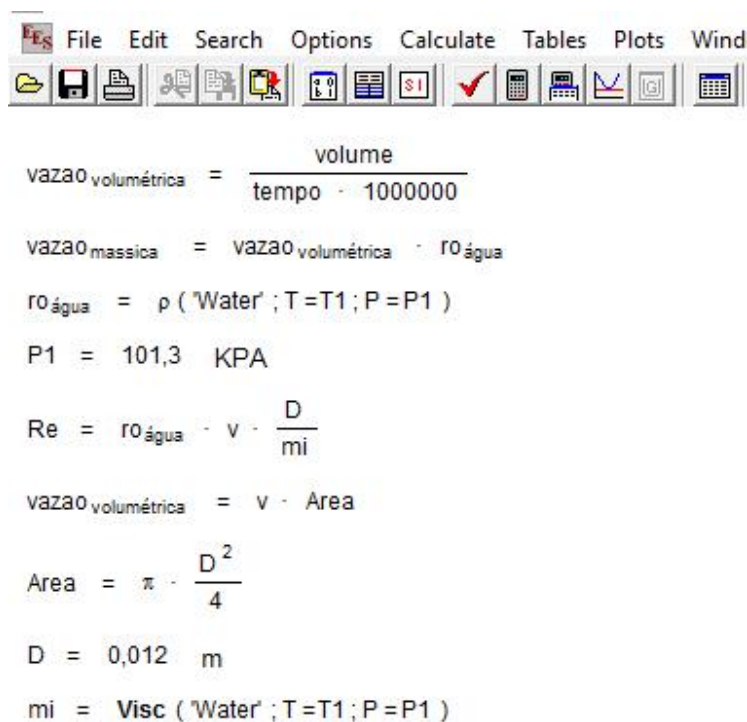
Por outro lado, os resultados, com o uso do EES mostram que a determinação do volume impacta a incerteza associada ao número de Reynolds, por um fator da ordem de 90,83%, conforme pode-se observar na Figura 4. Na sequência, tem-se a medida da temperatura (com a qual se determina as propriedades do fluido), com um fator de 9,16%. Por fim, impactando em 0,01%, tem-se a medida do tempo pelo cronômetro.





**Figura 4 - Tela de resultados da análise de propagação de incertezas pelo EES para a determinação do Número de Reynolds.**

Na Figura 5 é apresentada uma visualização da tela principal do EES, evidenciando a simplicidade de utilização desta ferramenta de apoio aos trabalhos de Engenharia. Destaca-se que se esta ferramenta não fosse utilizada, a análise de propagação de incertezas (Metodologia de Kline e McClintock - GUM, 2008; FOX e MCDONALD, 2006; MILLS e CHANG, 2004; DONATELLI e KONRATH, 2005; HOLMAN, 1994) deveria ser realizada manualmente, efetuando-se os cálculos, com a necessidade de resolução de derivadas parciais (SIQUEIRA e SATO, 2016; FOX e MCDONALD, 2006; HOLMAN, 1994).



**Figura 5 - Tela de entrada de equações no programa EES.**

## 4. CONCLUSÃO

Neste trabalho, foi utilizada uma bancada didática de Número de Reynolds, ou seja, um conjunto de aparatos e instrumentos, construído para reproduzir o experimento de Reynolds, e que têm como objetivo final o aprendizado dos conceitos teóricos apresentados em sala de aula, em disciplinas de Fenômenos de Transporte, especificamente Mecânica dos Fluidos, por meio de meio da prática do aluno.

O objetivo do experimento foi alcançado o que se refere à visualização dos diferentes regimes de escoamento: laminar, transição e turbulento. Além disso, para o cálculo do número de Reynolds e entendimento dos fenômenos observados, foram evocados os mais diversos conceitos, tais como: escoamento incompressível e em regime permanente; escoamento laminar, transição e turbulento; diâmetro hidráulico; classificação do escoamento incompressível em regime permanente em função do número de Reynolds; vazão mássica e vazão volumétrica; velocidade média do escoamento; equação da continuidade.

A observação experimental forneceu uma classificação bem coerente com aquela dos cálculos. Foi ainda, confirmada, matematicamente pela análise de propagação de incertezas do programa EES a contribuição significativa de incerteza associada a utilização de vasilhame de coleta de volume de água, com incerteza muito alta. A variação do número de Reynolds com a temperatura foi também verificada, evidenciando que as variações ocorridas na faixa de temperaturas entre 20 – 50°C, provocou diminuições na viscosidade da água e consequentemente aumento no número de Reynolds.

Sugere-se introduzir neste experimento, a determinação do número de Reynolds crítico, visto que o conhecimento do “ponto” de transição do regime laminar para turbulento não é muito claro. Para tal, sugere-se associar a bancada experimental, um manômetro em U (adotando, como fluido manométrico tetracloreto de carbono, por exemplo) e por meio da equação de Fanning (WELTY et al., 2008; FOX e MCDONALD, 2006; BIRD et al, 2004), graficamente obter a faixa de transição.

O trabalho desenvolvido possibilitou aos estudantes do curso de Engenharia Química, o aprendizado de conceitos fundamentais, com o estímulo do processo cognitivo, propiciando o conhecimento das interações homem-natureza-homem.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos técnicos e professores do Departamento de Química da Universidade Federal de Viçosa, pelo apoio ao desenvolvimento deste artigo.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, C. A.; REIS, H. F. A. F.; SIQUEIRA, A. M. O.; MADUREIRA, M. F.; GOUVÊA, N. A.; GONZAGA, L. F.; MENEZES T. L.; FREIRE, B. H. F., **Propagação de incertezas: um experimento acadêmico simples**. The Journal of Engineering and Exact Sciences, v. 3 (in press), 2017.
- BIRD, R. B.; STEWART, W. E.; LIGHTFOOT, E. N. **Fenômenos de transporte**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004. 839 p.
- CASTRO, A. L. P. **Estudo de velocidades e do número de Reynolds para o descolamento dos mexilhões - dourados (*Limnoperna fortunei*)** [manuscrito]/Ana Letícia Pilz de Castro. –2013. xiii, 90 f., enc.: il.
- DONATELLI, G. D. KONRATH, A. C. **Simulação de Monte Carlo na Avaliação de Incertezas de Medição**. Revista de Ciência & Tecnologia, V. 13, n 25/26, p. 5-15. Jan./Dez. 2005.
- FOX, R. W.; McDONALD, A. T. **Introdução à mecânica dos fluidos**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.
- GUM. **Guia para a Expressão da Incerteza de Medição**. Rio de Janeiro: INMETRO, ABNT, 2008.
- HOLMAN, J. P. **Experimental methods for engineers**. New York: McGraw-Hill. 1994.
- INCROPERA, F. P.; DeWITT, D. P.; BERGMAN, T. L.; LAVINE, A. S. **Fundamentos de transferência de calor e de massa**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.
- MILLS, A. F., CHANG, B. H. **Error Analysis of Experiments: A Manual for Engineering Students**. Los Angeles, California, 2004.
- PEREIRA, E. L., DIAS, B. E., LERIS, B. N., TANURE, J. S., **Propagação de erros e incertezas em experimentos**. Revista da Universidade Vale do Rio Verde, Três Corações, v. 14, n. 2, p. 1136-1151, ago./dez. 2016.
- SIQUEIRA, A. M. O., SATO, A. G.; **Apostila de Laboratório de Engenharia Química I**, Viçosa: UFV, 2016, Disponível em: <<https://www2.cead.ufv.br/sistemas/pvanet/files/conteudo/4459/praticaN01elementosbasicosmecflu.pdf>>. Acesso em: 30 maio 2016.
- WHITE, F. M. **Mecânica dos fluidos**. 6. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2002.
- WELTY, J. R.; WICKS, C. E. e WILSON, R. E., RORRER, G. L. **Fundamentals of momentum, heat, and mass transfer**. 5th ed. New York: John Wiley & Sons, 2008. xiii, 711 p.

## REYNOLDS EXPERIMENT AND FUNDAMENTALS OF FLUID MECHANICS

F. M. C. SILVA; M. F. APOLINÁRIO; A. M. O. SIQUEIRA; A.L.M. CANDIAN, L. A. F. MOREIRA, M.R. SARTI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Química  
E-mail: filipe.carvalho@ufv.br

**ABSTRACT:** *The flows can be characterized as: laminar or turbulent flow; uniform or transient and compressible and incompressible. The Reynolds number is an important dimensionless quantity in fluid mechanics, that is used to help predict flow patterns in different fluid flow situations, being defined by the ratio between inertial forces and viscous forces. The present work had as objective to use a didactic experiment of the Chemical Engineering Laboratory course, specifically Fluid Mechanics, to evoke the following concepts seen in the classroom, as well as: A) hydraulic diameter; B) Reynolds number; C) mass flow and volumetric flow; D) average flow velocity; (E) continuity equation, and visualize the different flow regimes: laminar, transition and turbulent. The experimental observation allowed a classification of the flow consistent with that of the calculations. In this experiment, it was mathematically confirmed by the uncertainty analysis and error propagation, using the EES software, the significant contribution of the water volume measurement into the values of the experimental errors. The effect and the contribution of temperature were also verified in the determination of the Reynolds number.*

**KEYWORDS:** Reynolds number; Flow of Fluids; Chemical engineering; Transport Phenomena; Didactic experiment.