

**Curso de Bacharelado em Engenharia de Mecânica**  
**PG0036 – Mecânica dos Fluidos A**  
**Exercício 2**

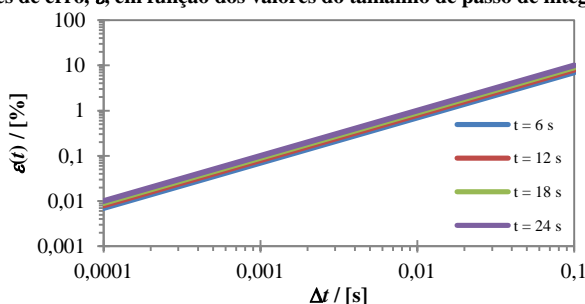
Um tanque cilíndrico, de diâmetro  $D = 50$  mm, possui um dreno por uma abertura de diâmetro  $d = 5$  mm, em seu fundo. A velocidade do líquido saindo do tanque é dada aproximadamente por  $V = (2gy)^{1/2}$ , em que  $y$  é altura do fundo do tanque até a superfície livre de líquido e  $g$  é aceleração da gravidade. Se o tanque inicialmente cheio está com água a  $y_0 = 0,4$  m ( $t = 0$  s), determine a profundidade da água em  $t = 6$  s,  $t = 12$  s,  $t = 18$  s e  $t = 24$  s. Trace o gráfico da altura  $y$  (m) em função do tempo  $t$  (s) no intervalo de 0 s a 24 s. As instruções para a apresentação da solução deste problema são descritas a seguir:

1. **A solução analítica** deste problema (considerações, hipóteses, dedução das equações, cálculos e resultados) deve ser apresentada por meio de um documento em formato PDF nomeado como “PG0036-E2-Nome(s)\_do(s)\_Aluno(s).pdf”.
2. **A solução numérica** deste problema pode ser obtida utilizando o método de Euler (para integração numérica de equações diferenciais ordinárias – EDOs), que deve ser implementado num código computacional escrito em qualquer linguagem de programação:
  - Este código deve ser desenvolvido, preferencialmente, num ambiente de programação do tipo IDE *online*, no qual o usuário tem a possibilidade de criar uma conta e compartilhar o *link* do código desenvolvido com outros usuários, por exemplo, Ideone (*Online Compiler and Debugging Tool*), disponível em <http://ideone.com/>.
  - O código desenvolvido deve estar bem comentado para facilitar o entendimento, como no exemplo de código em Fortran 95 disponível em <http://ideone.com/2Ri4oe>.
  - O *link* para o código desenvolvido (ou o próprio código) deve ser apresentado no documento em formato PDF nomeado como “PG0036-E2-Nome(s)\_do(s)\_Aluno(s).pdf”. A comparação entre as soluções numérica e analítica também deve ser apresentada neste documento da seguinte forma:
    - i. Uma tabela apresentando os resultados obtidos em função do aumento do número de passos de integração numérica,  $N$ , conforme a Tabela 1. O aumento do número de passos de integração numérica,  $N$ , deve ser realizado até que se obtenha um valor de erro (entre as soluções numérica e analítica),  $\varepsilon$ , pequeno o suficiente do ponto de vista de engenharia (justifique).
    - ii. Um gráfico apresentando os valores de erro (entre as soluções numérica e analítica),  $\varepsilon$ , em função dos valores de tamanho de passo de integração numérica,  $\Delta t$ , conforme o Gráfico 1.
  - O arquivo “PG0036-E2-Nome(s)\_do(s)\_Aluno(s).pdf” contendo as soluções analítica e numérica, bem como a comparação entre as soluções obtidas, deve ser enviado via Moodle (<http://moodle.utfpr.edu.br>) até a data limite estabelecida.

**Tabela 1 – Resultados obtidos em função do aumento do número de passos de integração numérica,  $N$ .**

$N$	$\Delta t$ / [s]	$y(t)$ / [m]				$y_{analítica}(t)$ / [m]				$\varepsilon(t)$ / [%]			
		$t = 6$ s	$t = 12$ s	$t = 18$ s	$t = 24$ s	$t = 6$ s	$t = 12$ s	$t = 18$ s	$t = 24$ s	$t = 6$ s	$t = 12$ s	$t = 18$ s	$t = 24$ s
1	$\Delta t_1$	$y_1$	$y_1$	$y_1$	$y_1$	$y_{analítica}$	$y_{analítica}$	$y_{analítica}$	$y_{analítica}$	$\varepsilon_1$	$\varepsilon_1$	$\varepsilon_1$	$\varepsilon_1$
2	$\Delta t_1$	$y_2$	$y_2$	$y_2$	$y_2$	$y_{analítica}$	$y_{analítica}$	$y_{analítica}$	$y_{analítica}$	$\varepsilon_2$	$\varepsilon_2$	$\varepsilon_2$	$\varepsilon_2$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$n$	$\Delta t_n$	$y_n$	$y_n$	$y_n$	$y_n$	$y_{analítica}$	$y_{analítica}$	$y_{analítica}$	$y_{analítica}$	$\varepsilon_n$	$\varepsilon_n$	$\varepsilon_n$	$\varepsilon_n$

**Gráfico 1 – Valores de erro,  $\varepsilon$ , em função dos valores do tamanho de passo de integração numérica,  $\Delta t$ .**



- ✓ Tipo de atividade: em grupo (máximo 5 membros).
- ✓ Formato de entrega: em arquivo PDF.
- ✓ Forma de entrega: via Moodle.
- ✓ Prazo de entrega: 20/04/2021.