

Curitiba, 13.05.2019

Exercício E3

Mecânica dos Fluidos Ambiental I

Tobias Bleninger, Departamento de Engenharia Ambiental (DEA)
Centro Politécnico, Prédio Administração, 3º andar, sala 13

Tutores de estagio docência:

Rafael Bueno (rafael.bueno@ufpr.br),
Lediane Marcon (lediane.engambiental@gmail.com) e
Gabriela Gomes (gabriela.gns94@gmail.com)

A lista de exercícios E3 contem 2 partes:

- Laboratório 5. Trabalho em grupo. (20% de E3)
- Teoria. Trabalho em grupo. (80% de E3)

Data de entrega das 2 partes da lista E2: 12.06.2019 - 9:30h

(Relatórios atrasados receberão a nota 0)

As questões são distribuídas para 6 grupos

1	2	3	4	5	6
Vitória	Tiago	Pedro	Gabriela	Beatriz	Daniel
Matheus	Bianca	Diego	Ingrid	Pamella	Rafael
Anna Paula	Felipe	Fabiana	Alexandre	André	Isadora
Lucas	Fernanda	Isabella Folli	Carolina	Isabela Adib	Leticia

As **soluções da parte b)** deverão ser entregues **impressas em forma de relatório e em forma digital (pdf via email) e formatação profissional** (texto digitado, equações numeradas, numerações de páginas e figuras, referências bibliográficas e as figuras, título, introdução, resumo, conclusões e discussão e análise detalhada dos resultados).

Adicionalmente haverá uma **apresentação obrigatória dos resultados da parte b) nas aulas de 14/06/2019** (Grupo 1 e 2) e **17/06/2019** (Grupo 3 e 4) e **19/06/2019** (Grupo 5 e 6) com presença obrigatória de todos os alunos (não presença receberá nota 0 no item apresentação e arguição). O arquivo da apresentação (pdf ou ppt, tempo máximo de 20min, ultrapassar tempo custa pontos) deve ser encaminhado por email até **13/06/2019 (no max. 24h)** e não pode ser modificado posteriormente.

A avaliação da parte a) conta: escrito (60%), apresentação (10%), as perguntas aos colegas e a arguição (30%) para a nota da parte a).

Informações adicionais (software, etc.):

<http://www.ambiental.ufpr.br/portal/professores/tobias/teaching/mecfluambi/>

Nomes e assinaturas dos participantes do grupo (garantindo que foi contribuído ao trabalho, sem assinatura: nota 0, *pontuação preenchido pelo professor*):

Nome	Assinatura		Apresentação	Arguição	Total

Pontuação da parte escrita (preenchido pelo Professor):

Item	Ponto	Pontos totais		
Conteúdo/respostas (70%)				
Discussão/análise (20%)				
Forma (10%)				
Soma			Nota parte escrita	

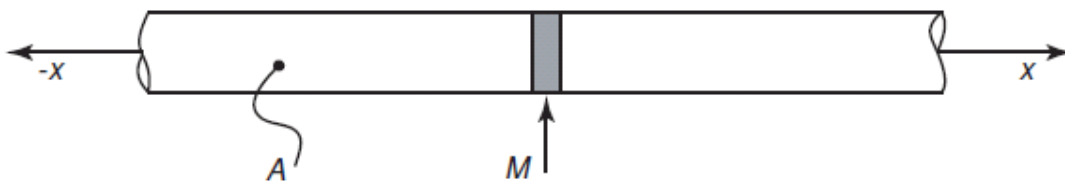
Exercício E3b (Parte teórica)

1. **Grupo 1:** Considere o lançamento de corante no canal de laboratório da lista E2 como um acidente que causou uma descarga instantânea num rio.
 - a. Utilize os resultados da lista E2 para a difusividade turbulenta D e as distribuições de concentrações medidas e a solução analítica da distribuição de concentração para calcular a massa M do lançamento.
 - b. Escreva a equação que permite o cálculo das distribuições horizontais de concentração no plano da superfície.
 - c. Desenhe o resultado das distribuições horizontais de concentração para dois tempos (para quais também existem dados dos fotos) pós lançamento num diagrama (Isolinhas de concentração no plano $y-x$ na posição z da superfície) e diagramas com as curvas de concentração na longitudinal e transversal nos eixos principais da distribuição.
 - d. Acrescente nestes gráficos os resultados numéricos obtidos da lista E2 para os mesmos momentos e discute o resultado.
 - e. Escreva a equação que permite o cálculo das distribuições longitudinais de concentração num corte vertical.
 - f. Desenhe o resultado das distribuições longitudinais de concentração para dois tempos pós lançamento num diagrama (Isolinhas de concentração no plano $x-z$ na posição y do lançamento) e diagramas com as curvas de concentração na longitudinal e transversal nos eixos principais das distribuições.
 - g. Escreva a equação que permite o cálculo das distribuições transversais de concentração num corte vertical.
 - h. Desenhe o resultado das distribuições transversais de concentração para dois tempos pós lançamento num diagrama (Isolinhas de concentração no plano $y-z$ na posição x da concentração máxima) e diagramas com as curvas de concentração na longitudinal e transversal nos eixos principais das distribuições.
 - i. Escreva a equação que permite o cálculo da variação temporal de concentração num ponto $0,5\text{m}$ e 1m na jusante do lançamento, na superfície do canal.
 - j. Desenhe o resultado das distribuições temporais nestes 2 pontos do item anterior.
 - k. Defina um critério para largura e comprimento da mancha de corante e escreva a equação que descreva o comprimento variando em direção x
 - l. Descreva e desenha a equação da variação da concentração máxima ao longo de x em meia profundidade, no meio do canal.
 - m. Discute e interprete todos os resultados.

2. **Grupo 2:** Dada a equação de advecção e difusão:

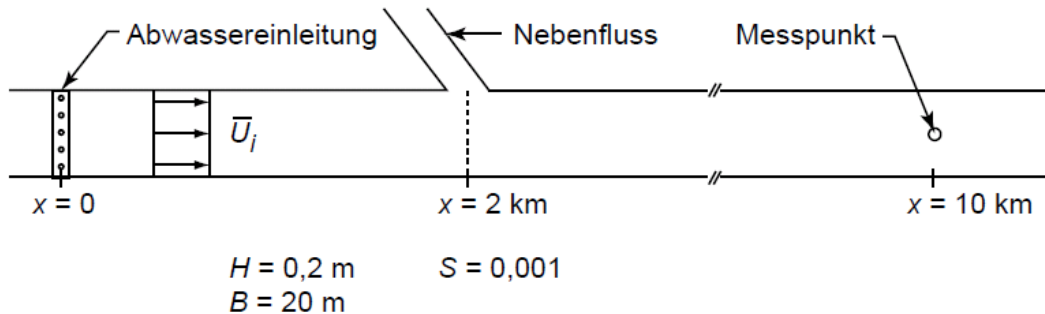
$$\frac{\partial c}{\partial t} + u \frac{\partial c}{\partial x} + v \frac{\partial c}{\partial y} + w \frac{\partial c}{\partial z} = D_x \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + D_y \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} + D_z \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} - R$$

- Descreva, em poucas palavras, o significado de cada termo da equação.
- Escreva a equação simplificada para uma descarga instantânea num tubo onde somente se considera uma velocidade constante e uniforme na direção x e gradientes de concentração somente na direção longitudinal (direção x) por causa da mistura rápida na vertical e horizontal. Processos de transformação ou reações podem ser desconsiderados.
- Escreva a solução da equação de cima pela descarga no canal mencionado anterior.
- A concentração máxima de uma distribuição unidimensional de concentração de forma Gauss ocorre sempre no centro da distribuição ($x = 0$). Portanto, num ponto fixo $x = r$ a concentração máxima ocorre num tempo específico t_{\max} . Utilize a equação unidimensional de difusão de uma fonte pontual instantânea para definir a equação de calcular t_{\max} quando a concentração máxima ocorre no ponto $x = r$.
- Um aluno injeta 6 ml de uma solução de Rhodamina num tubo (veja figura). A solução contém 20% de Rhodamina (densidade de Rhodamina é 1278 kg/m^3). A injeção pode ser considerada instantânea e uniforme através da área ($A = 0,8 \text{ cm}^2$) indicada no perfil do tubo no local $x = 3 \text{ cm}$ no tempo $t = 0$. No tubo flui água na direção x com uma vazão constante de $Q = 0,2 \text{ cm}^3/\text{s}$. O coeficiente de difusividade de Rhodamina na água nesta condição é $D = 0,2 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{s}$.

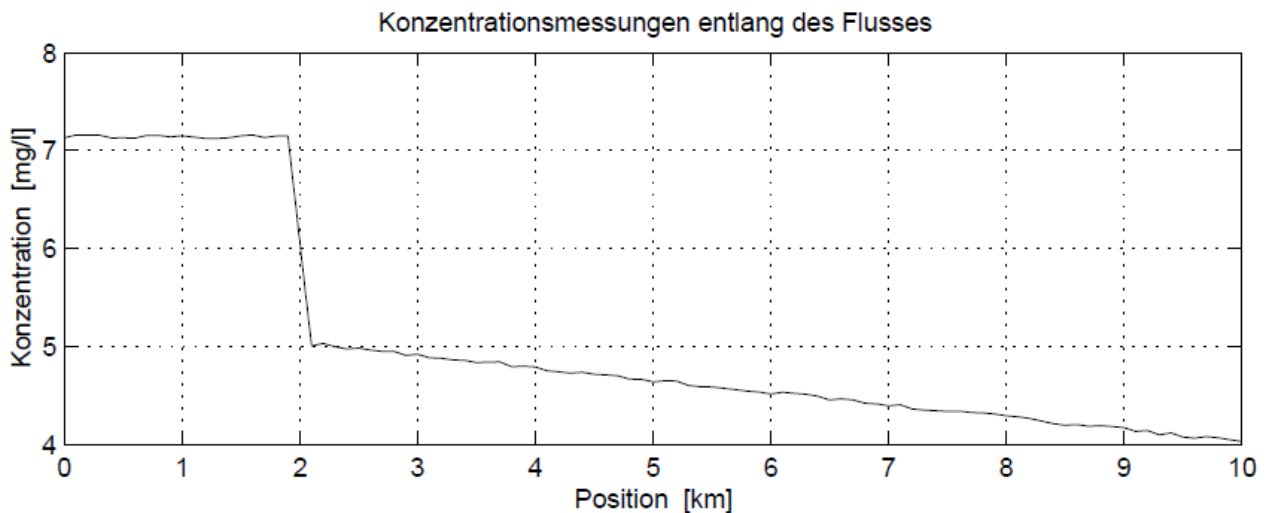


- Calcule a massa M de Rhodamina injetada.
- Verifique se nesta situação basta utilizar a difusividade molecular ou se deveriam ser considerados processos adicionais? Justifique sua resposta quantitativamente. Faça os cálculos seguintes para ambas situações e compare. Utilize um coeficiente de difusividade turbulento sendo 100 vezes maior que o coeficiente da difusividade molecular.
- Qual é a largura da nuvem de Rhodamina depois de uma hora e depois de um dia?
- Qual é a concentração máxima depois de uma hora?
- Avalie a dominância dos processos de transporte para o local $x = 0,01 \text{ m}$ e $x = 9 \text{ m}$
- Onde ocorre a concentração máxima depois de uma hora?
- Qual é a concentração de Rhodamina em $x = 8,95 \text{ m}$ depois de uma hora?
- Considerando que o traçador degrada por causa da radiação solar. Descreva a equação relacionada e calcule o resultado do item d para um decaimento de primeira ordem com coeficiente de $k = -0.0005 \text{ 1/s}$
- Visualize as distribuições de concentração para dois tempos diferentes (escolha livre) no mesmo gráfico e os dois tipos de processos de mistura num outro gráfico utilizando um software de livre escolha (com legenda, descrição dos eixos, unidades, etc.) e anexa a impressão as suas soluções.
- Altere as informações dadas (por exemplo difusividade ou velocidade ou mudando distancias ou massa) e refaça os cálculos e interprete o resultado.
- Faça gráficos para os itens acima e os cenários utilizados e interprete o resultado.

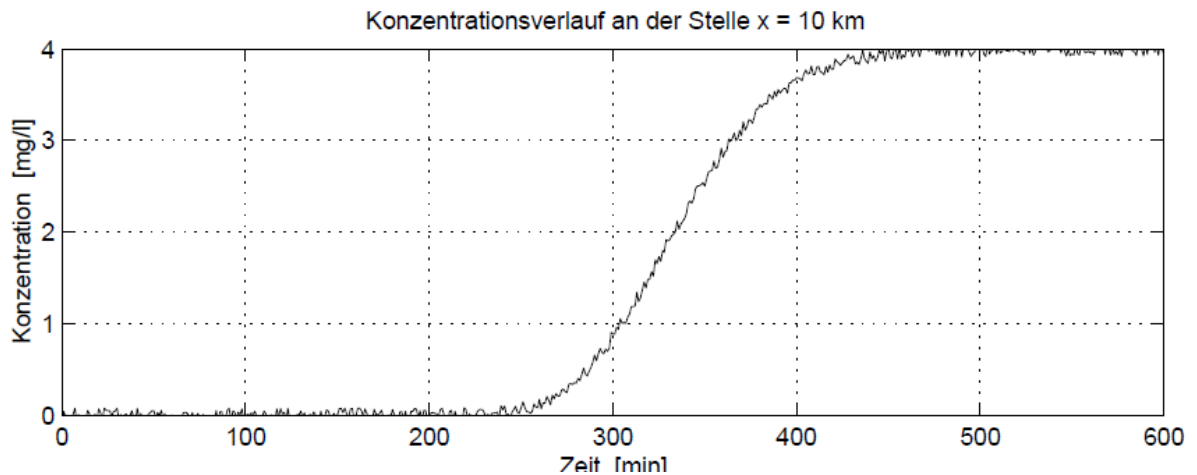
3. **Grupo 3:** Uma empresa descarga o esgoto tratado ("Abwassereinleitung") deles num rio através um emissário de multiorifícios no local $x=0$. O efluente tem um fluxo de massa contínuo de poluentes de 10g/s . Dois quilômetros na jusante entra um rio tributário ("Nebenfluss") no rio principal. Dez quilômetros na jusante tem uma estação de medição ("Messpunkt") de qualidade de água (veja figura em baixo com velocidade média U_i no local do lançamento e S sendo o declive do rio).



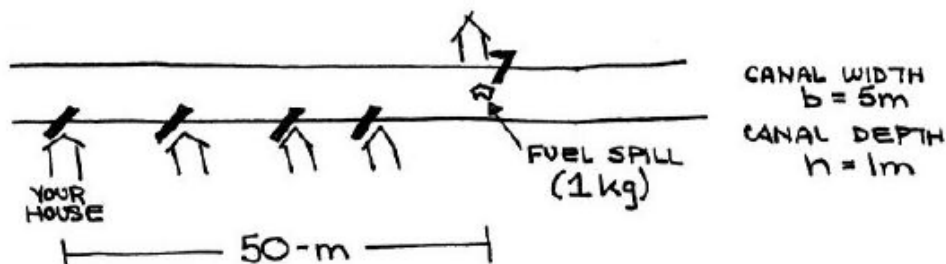
- Numa operação permanente foi medido num ponto na jusante (antes da entrada do rio tributário) a concentração de $7,14\text{mg/l}$. Calcule a vazão e a velocidade média do rio neste local (a descarga pode ser considerada totalmente misturada na vertical e horizontal).
- Alunos da universidade fizeram medições ao longo do rio (veja figura seguinte). Calcule a vazão Q_T do rio tributário.



- Calcule a vazão distribuída ao longo do trecho do rio na jusante da entrada do rio tributário. Explique esta contribuição.
- No início da descarga se mediu o aumento da concentração em $x=10\text{km}$ como ilustrado na figura em baixo. Determina com estes dados a velocidade média, o coeficiente de dispersão longitudinal e o número de Peclet. Qual processo domina o transporte?
- Descreva a equação que se aplica neste caso (início da descarga e transporte e difusão da frente) e as premissas/simplificações relacionados.
- Faça gráficos comparando as medições e curvas da solução analítica e interprete o resultado.
- Altere as informações dadas (por exemplo difusividade ou velocidade ou vazões) e refaça os cálculos e interprete o resultado.

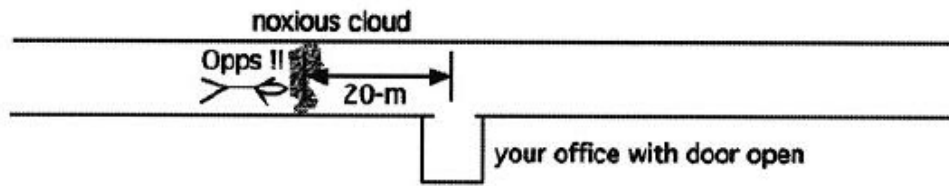


- 4. Grupo 4:** Imaginem que vocês têm uma casa num canal de barcos. Um dia um vizinho acidentalmente derrame óleo. Devido ao trânsito intenso de embarcações considere uma difusividade de $D = 0,01 \text{ m}^2/\text{s}$. A corrente no canal é insignificante. Considere também que o derrame de óleo muito rapidamente se espalha na lateral e na profundidade.
- Descreva a equação que aplica neste caso e as premissas/simplificações relacionados.
 - Quanto tempo demora para o óleo chega na sua casa?
 - Para o tempo encontrado em a): qual é a concentração na sua casa?
 - E qual é a concentração máxima na sua casa?
 - Considerando que o sistema pode ser considerado completamente misturado quando $C(x=\text{margem da pluma}, t=t_m) = 0,05 C_{\max}(t_m)$, calcule o tempo t_m .
 - Altere as informações dadas (acrescentando uma velocidade) e refaça os cálculos e interprete o resultado.
 - Faça gráficos para os quatro itens acima e os cenários utilizados e interprete o resultado.



- 5. Grupo 5:** Um amigo seu está visitando você na sua sala, qual se encontra na metade de um corredor longo (100m). O amigo está carregando uma substancia com cheiro horrível (10g). O Becker com a substancia cai no chão e quebra uns 20m antes de chegar na sua sala. O gás rapidamente se mistura na seção transversal do corredor (2m largura, 3m altura). Um ser humano consegue cheirar a substancia para concentrações acima de $10 \mu\text{g}/\text{l}$. Considere uma difusividade uniforme de $D = 0,05 \text{ m}^2/\text{s}$.
- Qual equação descreve a evolução da distribuição do gás no corredor?
 - Após quanto tempo você vai cheirar gás?
 - Quando desaparece o cheiro do corredor?
 - Qual é a largura da pluma de cheiro no momento do item c) e verifique e discute com as condições de contorno aplicados.
 - Altere as informações dadas (cenário 1: altera a difusividade, cenário 2: considere o cenário 1, mas sem contornos (lançamento na atmosfera) com distancia arbitrário do observador (sensor) a ser escolhido) e refaça os cálculos e interprete o resultado.

- f. Faça gráficos para os três itens acima e os cenários utilizados e interprete o resultado.



- 6. Grupo 6:** Corante com massa de 1kg foi lançado num canal com área transversal de 10m^2 numa posição $x=0$. Após uma distancia de $x = L = 100\text{m}$ a concentração foi medida. O teste foi repetido para 3 vazões diferentes com velocidades medias no canal de $u = 0,001$ e $0,1$ e 1 m/s. Vocês podem considerar a difusividade constante para todos os experimentos de $D = 1\text{m}^2/\text{s}$.
- Para cada experimento estima o tempo de advecção, tempo de difusão e o número de Peclet.
 - As curvas abaixo representam os resultados das medições. Define as curvas indicando o número de Peclet associado.
 - Para qual curva a concentração máxima ocorre no tempo de advecção?
 - Descreva as equações governantes e calcule as concentrações máximas para os três casos.
 - A injeção do traçador demora 10s. Considerando as escalas temporais envolvidos, isto poderia ser considerado como lançamento instantâneo?
 - Descreva a equação que aplica neste caso e as premissas/simplificações relacionados.
 - Faça gráficos comparando as medições e curvas medidas com as da solução analítica e interprete o resultado.

