

EFEITOS DO FLUXO DE CALOR TURBULENTO SOBRE A TRAJETÓRIA DE CONTAMINANTE INERTE EM AMBIENTE PURAMENTE CONVECTIVO

Bruno Venturini Loureiro – bruno_vl@yahoo.com

Aristóteles Alves Lyrio – aalyrio@uol.com.br

Rogério Silveira de Queiroz – gradiva@zaz.com.br

Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Engenharia Mecânica
CEP 29060-970 – Vitória, ES, Brasil

***Resumo.** Um ambiente puramente convectivo é gerado em um tanque com oitocentos litros de água, pela troca de calor na superfície inferior com vapor d'água em condensação. A estratificação de temperatura leva à formação de uma região estável e de uma região de mistura onde são lançados 10 ml de contaminante inerte (rodamina 6G a 800 ppb). Sobre a seção de evolução do contaminante é feito incidir um feixe aberto de laser de íon argônio (4 W de potência a 514 nm). Imagens obtidas a 1,0 Hz com uso de câmara CCD e filtro óptico passa-alta são analisadas, permitindo a avaliação do comportamento temporal das coordenadas do centro de massa da pluma de contaminante bem como as formas de funções densidade de probabilidade que melhor descrevem a concentração vertical de faixas integradas horizontalmente ao longo do tempo para dois casos com diferentes fluxos verticais de calor.*

***Palavras-chave:** Convecção, Turbulência, Fluorescência induzida*

1. INTRODUÇÃO

O prevailecimento dos efeitos de empuxo sobre os efeitos de fricção podem dominar a turbulência na camada limite atmosférica e um estado puramente convectivo altamente instável pode ser caracterizado. Willis e Deardorff (1974) obtiveram os primeiros resultados experimentais de tal fato, sendo suas contribuições prolongadas até a década de 80 como nos trabalhos Deardorff (1979), Willis e Deardorff (1981, 1987), e Deardorff e Willis (1985). No âmbito computacional foram realizados experimentos por Wyngaard e Brost (1984) e Holtslag e Moeng (1991) usando Large Eddies Simulation (LES) cujos resultados foram comparados com os resultados experimentais iniciais de Willis e Deardorff op. cit. Recentemente, Piper (1994) realizou experimentos com uma réplica do tanque de convecção projetado por Willis e Deardorff op. cit. Piper comparou os resultados experimentais então obtidos com resultados computacionais que obteve usando LES.

A estrutura de turbulência existente no meio dispersor induzida pelo fluxo de calor é caracterizada por componentes não-determinísticos e a predição da trajetória descrita pela pluma de contaminante inerte pode não ser adequada para diferentes lançamentos, conforme

mostrado em Queiroz e Queiroz (1998). No presente trabalho, esta trajetória descrita foi obtida por captura e processamento de imagens conforme descrito em Queiroz e Loureiro (1997, 1998) com algumas alterações, utilizando a técnica de fluorescência induzida por laser (LIF).

A análise das imagens obtidas permitiu a realização de avaliações do comportamento temporal das coordenadas do centro de massa da pluma de contaminante, das formas de funções densidade de probabilidade que melhor descrevem a concentração vertical de faixas integradas horizontalmente ao longo do tempo para dois casos com diferentes fluxos verticais de calor.

2. METODOLOGIA

O experimento é baseado em um tanque (a) constituído de vidro e aço com dimensões 1600 x 1400 x 800 mm. A totalidade da fronteira inferior do tanque está em contato com uma galeria retangular (b) de 1600 x 1400 x 120 mm por onde escoa vapor, entrando a 2,0 kgf/cm² e 106 °C, a partir de um gerador elétrico de vapor de 16 kW (c). Um sistema de alimentação (d) constituído por uma bomba, um filtro de carvão ativado e um aquecedor a gás GLP permite o enchimento do tanque a um nível de 300 mm com água à temperatura ambiente ou a 40 °C. A fronteira superior e a lateral (e) a partir da metade da coluna d'água é isolada. Um sistema de aquisição de temperatura (f), constituído por um sistema de conversão A/D e uma placa adaptada a um PC com software dedicado, adquire as temperaturas em sete pontos escolhidos aleatoriamente na fronteira inferior e no interior do tanque por meio de termopares de cobre-constantan. A liberação do contaminante, solução de rodamina 6G diluída em água a 800 ppb, é feita através do tubo (g) com 3,0 mm de diâmetro e com o uso de uma seringa de 20 ml e se dá a uma altura de 110 mm da fronteira inferior, ou seja, a 155 pixels da borda inferior das imagens.

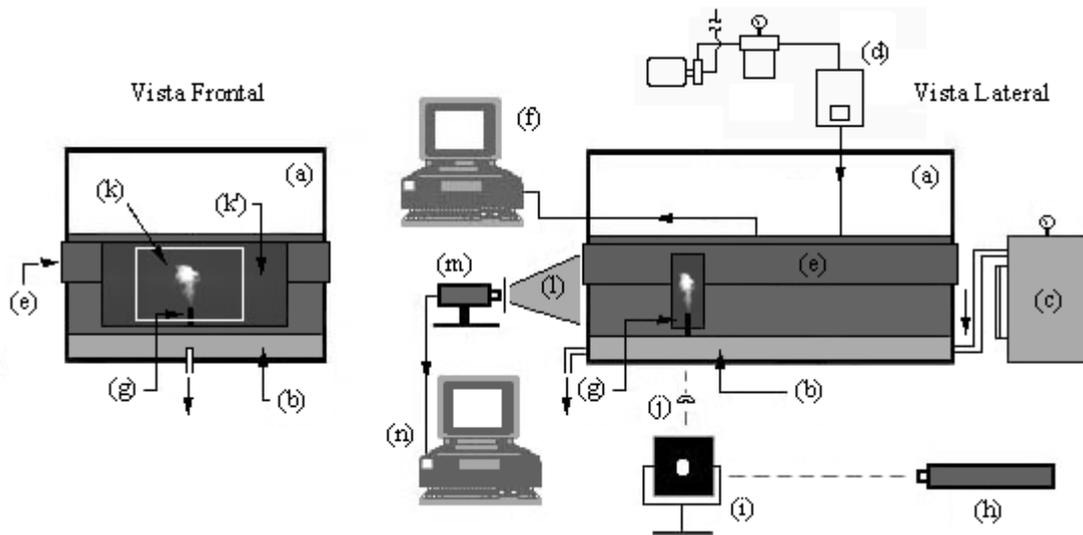


Figura 1 – Vistas frontal e lateral do tanque de simulação representadas esquematicamente por seus constituintes.

Um sistema de laser de íon argônio de 4,0 Watts Spectra Physics 2017 (h) é usado para excitar a rodamina 6G em dispersão a 514nm, após o feixe passar por um oscilador mecânico (i) com espelho e uma lente cilíndrica (j) que permitem a varredura de uma região de 1400 x 300 x 30 mm da água contaminada dentro do tanque, com a energia integral do feixe refletido. A rodamina excitada emite um comprimento de onda acima de 545 nm, que passa pelo vidro transparente (k'), sendo as imagens (k) assim formadas, e capturadas através do campo de

visão (l) - aproximadamente 400 x 300 mm (640 x 480 pixels) na horizontal e vertical respectivamente - por um sistema de aquisição de imagens, a 8 bits, captura a 1,0 Hz e 1/60 s de tempo de exposição, constituído por uma câmara CCD Hitachi KPM1 (m) com 818 x 513 pixels e resolução atribuída com carta de calibração EIA de 570 pixels na horizontal e 485 na vertical, um filtro passa alta ES e uma placa de aquisição Data Translation DT 3851 adaptada em um PC (n). O sistema de aquisição de imagens foi devidamente calibrado observando-se que o processo de reconhecimento de diferentes concentrações do contaminante rodamina 6G passa por análise de tons de cinza gerados pela emissão após excitação pelo feixe de laser.

Foram analisadas 26 imagens, com resolução de 640 x 480 pixels, para dois experimentos com fluxo de calor diferenciados, sendo a Série I com fluxo de calor de $4,40 \text{ Kmms}^{-1}$ e a Série II com fluxo de calor de $2,14 \text{ Kmms}^{-1}$, os quais foram obtidos a partir das medições de temperatura na metade da camada de mistura - Série I: $Z_i/2 = (110 \pm 1) \text{ mm}$ ou 155 pixels e Série II: $Z_i/2 = (92 \pm 1) \text{ mm}$ ou 131 pixels - conforme metodologia indicada em Deardorff e Willis (1985). Esses experimentos foram os mesmos realizados por Queiroz e Loureiro (1997) op. cit. e para ambas as séries, o lançamento ocorreu a 110 mm da fronteira inferior ou 155 pixels da borda inferior das imagens, e a região de processamento considerada esteve compreendida entre as coordenadas superior-esquerda (65, 100) pixels e inferior-direita (515, 440) pixels com referencial (0, 0) pixels no canto superior esquerdo. Uma mudança de coordenadas foi realizada no eixo vertical, onde a coordenada inicial (0, 0) pixels passou a ser a coordenada (0, 479) pixels e vice-versa.

2.1 Centro de massa

As imagens foram processadas pixel a pixel e uma análise temporal das coordenadas do centro de massa da pluma de contaminante se deu com o uso das Eq.s (1) e (2).

$$x_m = \frac{1}{C_t} \int x \cdot dC \quad (1)$$

$$z_m = \frac{1}{C_t} \int z \cdot dC \quad (2)$$

onde x_m e z_m são as coordenadas do centro de massa da pluma em pixels, C_t é a concentração total da pluma em tons de cinza, x , z e C são, respectivamente, as coordenadas em pixels e a concentração em tons de cinza do ponto analisado.

2.2 Concentração vertical

A análise das concentrações verticais de faixas integradas horizontalmente ao longo do tempo e as funções densidade de probabilidade que melhor descreveram tais acontecimentos são importantes indicadores da capacidade dispersiva do meio.

A distribuição espaço-temporal da concentração na direção vertical foi obtida pela integração horizontal dos tons de cinza para uma determinada faixa da imagem capturada, em um instante t , usando a Eq. (3).

$$C(z, t) = \int_{z-2}^{z+2} \int_{x_0}^{x_1} C(x', z', t) \cdot dx' dz' \quad (3)$$

onde $C(z, t)$ é a concentração integrada em uma faixa vertical da pluma e $C(x', z', t)$ é a concentração em uma dada coordenada da pluma em um dado instante.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as duas séries estudadas foram comparadas as coordenadas (x, z) do centro de massa das plumas ao longo do tempo, conforme pode ser verificado nas Figs 2 e 3. Observou-se que a coordenada x do centro de massa, para ambos os casos, teve uma tendência a migrar para a esquerda ao longo do tempo conforme o referencial definido anteriormente. A Série I teve esta tendência mais acentuada, embora este comportamento não possa ser definido como predominante, visto que a estrutura de turbulência observada randomiza horizontalmente a evolução.

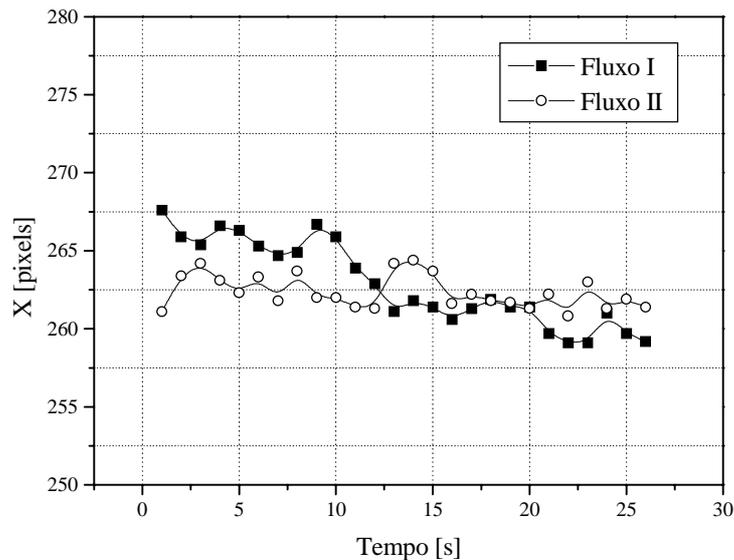


Figura 2 – Comportamento temporal da coordenada X do centro de massa da pluma de contaminante.

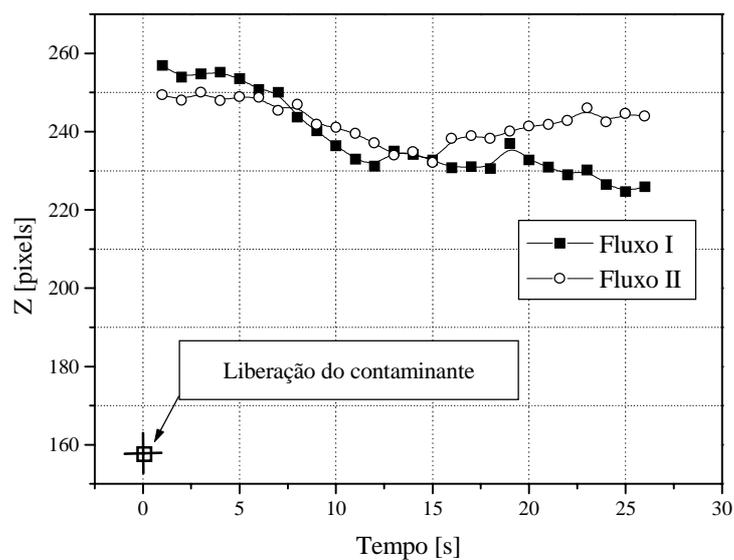


Figura 3 – Comportamento temporal da coordenada Z do centro de massa da pluma de contaminante.

O comportamento da coordenada Z do centro de massa apresentou-se de forma diferente para as duas séries. Uma vez que a liberação do contaminante ocorreu no instante $t = 0$ s a uma altura de 155 pixels da borda inferior das imagens, pode-se observar que a Série I obteve uma altura máxima maior que a Série II (1,0 s após a liberação do contaminante para ambas as séries) devido ao maior fluxo de calor. Para ambas as séries tem-se uma tendência descendente até aproximadamente 13 s após o lançamento, e finalmente uma tendência de queda para a Série I e uma tendência de subida para a Série II. Isto, provavelmente, se deve ao fato que a primeira sofreu uma reflexão no topo da camada de mistura mais intensa que a segunda, logo, o balanço de forças em determinada altura promove a ascendência da pluma.

Um mapa de isoconcentração integrada horizontalmente ao longo do tempo para o intervalo de $1,0 \leq t \leq 26,0$ s confirma a tendência da coordenada vertical do centro de massa para as duas séries (Fig. 3), e mostrou, que a Série I, Fig. 4-A, apresentou uma dispersão vertical do contaminante maior que a Série II, Fig. 4-B. Sabendo que um fluxo de calor vertical maior propicia ao meio uma capacidade dispersiva mais elevada, esta maior dispersão do contaminante para a Série I em relação a Série II poderia a princípio ter sido inferida.

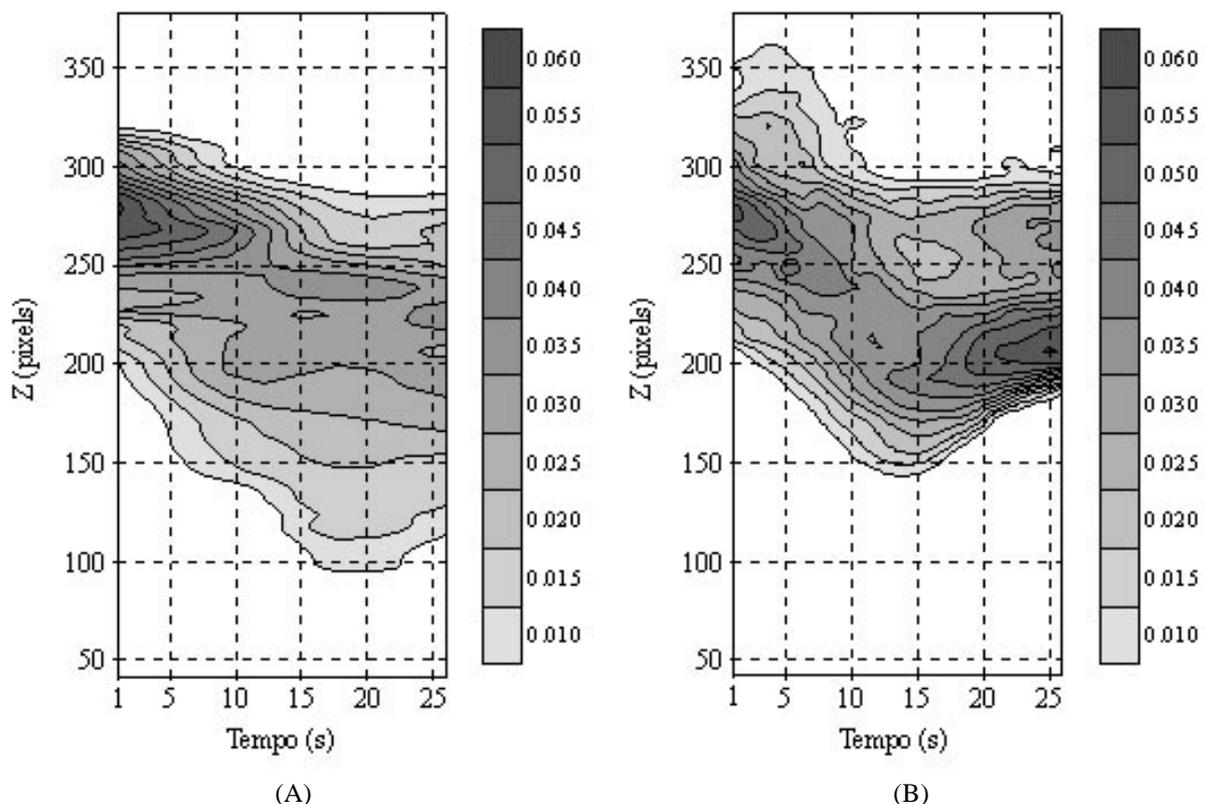


Figura 4 – Linhas de isoconcentrações adimensionais integradas horizontalmente.
(A) Evolução para Série I; (B) Evolução para Série II.

A distribuição vertical de concentração integrada horizontalmente e adimensionalizada para quatro instantes de tempo foi feita para ambas as séries, conforme as Fig.s 5 e 6, seguindo uma curva Gaussiana de acordo com o observado por Willis e Deardorff (1978). Verificou-se que a Série I apresentou uma maior dispersão que a Série II, como observado anteriormente. Deve-se ter em mente que tais distribuições de concentração não representam funções de densidade de probabilidade, mas apenas um perfil de concentração.

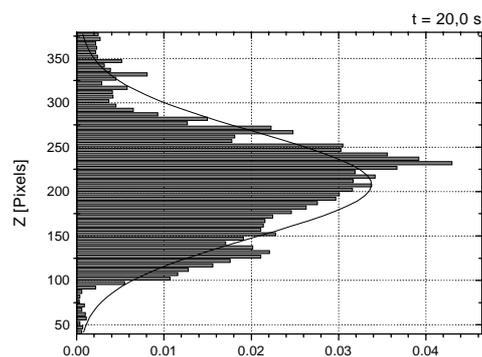
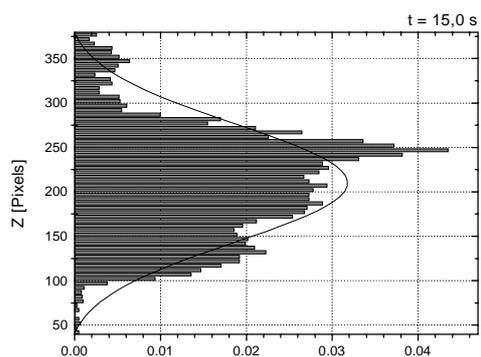
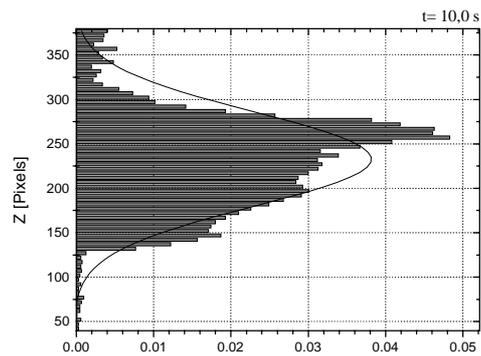
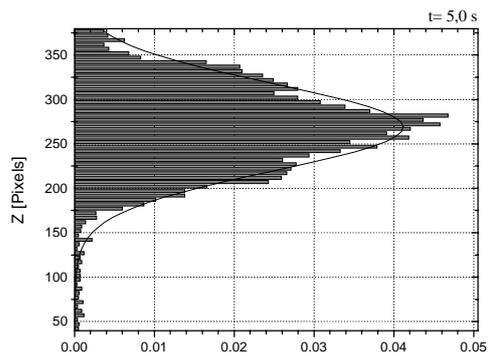


Figura 5 – Distribuição vertical da concentração adimensional integrada para vários valores de tempo da Série I.

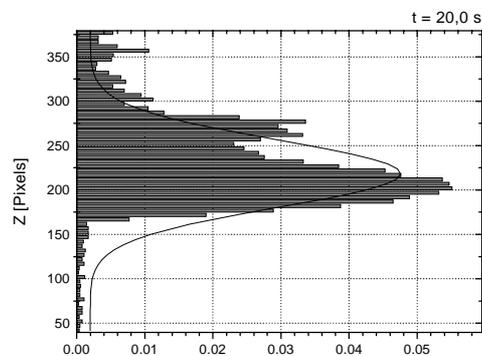
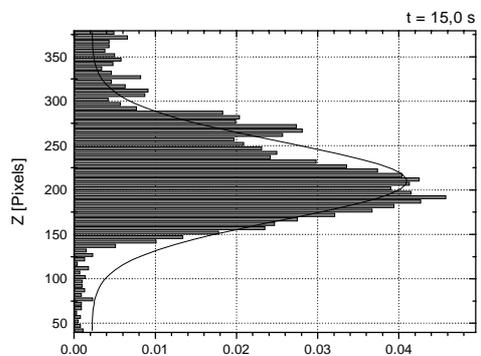
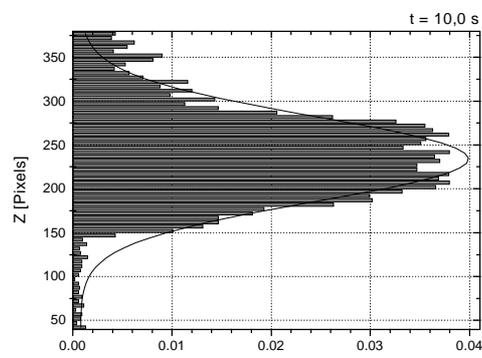
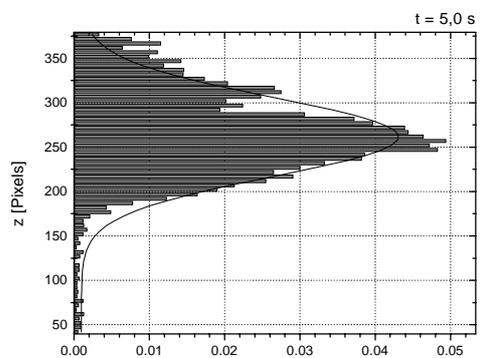


Figura 6 – Distribuição vertical da concentração adimensional integrada para vários valores de tempo da Série II.

A avaliação da melhor função densidade de probabilidade para cada faixa integrada horizontalmente ao longo do tempo foi realizada com o ajuste de distribuição e comprovada pelo teste de kolmogorov-Smirnov (K-S). As principais funções obtidas são apresentadas na Tabela 1 com o respectivo parâmetro caracterizador da distribuição. As funções que melhor ajustam as séries temporais de cada faixa integrada para cada série, o teste K-S e os parâmetros caracterizadores das funções densidade de probabilidade obtidas são mostrados na Tabela 2. As funções válidas foram aquelas que apresentaram um nível de significância maior ou igual a 0,05 no teste K-S. As faixas que não apresentam nenhuma função densidade de probabilidade são aquelas que não alcançaram o valor mínimo estipulado pelo teste em questão, logo os dados correspondentes não apresentam um ajuste estatisticamente significativo.

Tabela 1. Parâmetros utilizadas nas funções de densidade de probabilidade.

Parâmetros	Normal	Log-normal	Weibull	Gama	Uniforme
A	Média	Média	Alfa	Alfa	Limite inferior
B	Desvio	Desvio	Beta	Beta	Limite superior

Tabela 2. Funções densidade de probabilidade que melhor ajustam as séries temporais da faixas integradas horizontalmente.

Faixa	Série I				Série II			
	Fdp	K-S	Parâmetros		Fdp	K-S	Parâmetros	
			A	B			A	B
40 - 44	Weibull*	0,824	2,61E+00	5,52E-04	Log-normal*	0,943	8,97E-04	5,26E-04
45 - 49	Gama*	0,863	4,23E+00	7,49E+03	Log-normal*	0,685	6,92E-04	2,96E-04
50 - 54	Log-normal*	0,729	6,68E-04	4,30E-04	Gama*	0,666	5,77E+00	6,64E+03
55 - 59	Log-normal*	0,825	8,16E-04	7,61E-04	Log-normal*	0,940	8,20E-04	3,83E-04
60 - 64	Log-normal	0,053	9,99E-04	1,17E-03	Gama*	0,709	3,21E+00	4,66E+03
65 - 69	Log-normal	0,100	1,22E-03	1,26E-03	Weibull*	0,918	2,22E+00	8,54E-04
70 - 74	Log-normal*	0,684	1,38E-03	2,05E-03	Log-normal*	0,605	8,29E-04	3,76E-04
75 - 79	Log-normal	0,143	1,45E-03	1,95E-03	Gama*	0,740	6,49E+00	7,31E+03
80 - 84	-	-	-	-	Log-normal*	0,512	8,87E-04	4,23E-04
85 - 89	Log-normal*	0,162	2,06E-03	3,36E-03	Gama*	0,769	5,39E+00	7,04E+03
90 - 94	Log-normal*	0,252	2,80E-03	5,19E-03	Log-normal*	0,947	7,81E-04	3,32E-04
95 - 99	Log-normal*	0,107	3,94E-03	8,83E-03	Weibull*	0,868	1,98E+00	1,00E-03
100 - 104	-	-	-	-	Log-normal*	0,663	9,83E-04	3,49E-04
105 - 109	Log-normal*	0,099	6,56E-03	1,68E-02	Gama*	0,919	3,49E+00	4,75E+03
110 - 114	Log-normal*	0,326	8,49E-03	2,66E-02	Log-normal*	0,791	8,80E-04	3,92E-04
115 - 119	Log-normal*	0,133	1,06E-02	2,87E-02	Log-normal*	0,900	8,02E-04	4,15E-04
120 - 124	Normal	0,101	9,17E-03	7,80E-03	Normal*	0,985	1,03E-03	3,82E-04
125 - 129	Normal	0,077	1,12E-02	8,92E-03	Log-normal*	0,615	1,08E-03	3,66E-04
130 - 134	Normal	0,107	1,29E-02	9,48E-03	Normal*	0,512	1,15E-03	4,72E-04
135 - 139	Normal	0,055	1,32E-02	9,22E-03	Log-normal*	0,715	1,50E-03	1,49E-03
140 - 144	-	-	-	-	Log-normal*	0,257	2,42E-03	3,22E-03
145 - 149	-	-	-	-	Log-normal*	0,200	3,57E-03	5,67E-03
150 - 154	-	-	-	-	Log-normal	0,068	5,39E-03	1,04E-02

155 - 159	Normal	0,090	1,55E-02	8,82E-03	Log-normal	0,053	8,15E-03	1,85E-02
160 - 164	Normal	0,078	1,56E-02	8,36E-03	Log-normal*	0,226	1,03E-01	2,10E-02
165 - 169	Normal	0,062	1,65E-02	8,44E-02	Log-normal*	0,333	1,35E-02	2,79E-02
170 - 174	-	-	-	-	Gama*	0,436	1,02E+00	7,42E+01
175 - 179	Normal	0,074	1,95E-02	9,25E-03	Weibull*	0,618	1,23E+00	1,87E-02
180 - 184	Normal	0,078	2,09E-02	9,33E-03	Normal*	0,528	2,26E-02	1,39E-02
185 - 189	-	-	-	-	Normal*	0,643	2,65E-02	1,43E-02
190 - 194	-	-	-	-	Normal*	0,283	3,20E-02	1,48E-02
195 - 199	-	-	-	-	Normal*	0,410	3,55E-02	1,62E-02
200 - 204	Weibull*	0,238	5,07E+00	3,01E-02	Normal*	0,792	3,69E-02	1,65E-02
205 - 209	Weibull*	0,364	6,67E+00	3,04E-02	Normal*	0,854	3,84E-02	1,57E-02
210 - 214	Weibull*	0,796	7,38E+00	3,05E-02	Gama*	0,917	8,46E+00	2,15E+02
215 - 219	Weibull*	0,859	6,48E+00	3,13E-02	Gama*	0,947	1,26E+01	3,25E+02
220 - 224	Log-normal*	0,568	3,08E-02	6,32E-03	Weibull*	0,993	4,48E+00	4,16E-02
225 - 229	Log-normal*	0,633	3,29E-02	5,52E-03	Normal*	0,713	3,68E-02	6,08E-03
230 - 234	Log-normal*	0,829	3,31E-02	5,73E-03	Weibull*	0,823	9,77E+00	3,67E-02
235 - 239	Gama*	0,934	7,59E+01	2,23E+03	Weibull*	0,940	6,51E+00	3,51E-02
240 - 244	Log-normal*	0,405	3,43E-02	3,57E-03	Log-normal*	0,404	3,34E-02	6,73E-03
245 - 249	Gama*	0,994	6,10E+01	1,76E+03	Uniforme	0,909	1,89E-02	4,83E-02
250 - 254	Weibull*	0,789	5,62E+00	3,66E-02	Normal*	0,972	3,33E-02	7,53E-03
255 - 259	Gama*	0,766	9,60E+00	2,88E+02	Gama*	0,979	1,62E+01	4,77E+02
260 - 264	Log-normal*	0,345	3,19E-02	1,33E-02	Normal*	0,956	3,53E-02	8,72E-03
265 - 269	Gama*	0,672	5,69E+00	1,74E+02	Log-normal*	0,836	3,57E-02	9,01E-03
270 - 274	Log-normal*	0,526	3,09E-02	1,64E-02	Gama*	0,920	1,48E+01	4,14E+02
275 - 279	Log-normal*	0,212	2,92E-02	1,67E-02	Log-normal*	0,564	3,43E-02	9,05E-03
280 - 284	Log-normal*	0,241	2,64E-02	1,77E-02	Log-normal*	0,785	2,93E-02	9,61E-03
285 - 289	Log-normal*	0,141	2,12E-02	1,68E-02	Log-normal*	0,809	2,44E-02	8,68E-03
290 - 294	Log-normal*	0,132	1,58E-02	1,74E-02	Log-normal*	0,247	1,71E-02	8,83E-03
295 - 299	Log-normal*	0,355	1,36E-02	1,87E-02	Log-normal*	0,328	1,44E-02	8,92E-03
300 - 304	Log-normal*	0,138	1,26E-02	1,62E-02	Log-normal*	0,835	1,30E-02	8,36E-03
305 - 309	Log-normal*	0,122	1,18E-02	1,29E-02	Log-normal*	0,524	1,30E-02	7,58E-03
310 - 314	Log-normal*	0,214	1,05E-02	1,20E-02	Log-normal*	0,867	1,21E-02	6,96E-03
315 - 319	Log-normal*	0,342	8,71E-03	9,37E-03	Log-normal*	0,817	1,11E-02	8,55E-03
320 - 324	Log-normal*	0,401	8,04E-03	7,08E-03	Log-normal*	0,453	1,12E-02	6,60E-03
325 - 329	Log-normal*	0,233	7,70E-03	5,82E-03	Log-normal*	0,788	9,86E-03	5,17E-03
330 - 334	Log-normal*	0,178	6,89E-03	4,80E-03	Log-normal*	0,316	9,00E-03	4,38E-03
335 - 339	Log-normal*	0,264	5,96E-03	3,52E-03	Log-normal*	0,698	8,13E-03	4,55E-03
340 - 344	Log-normal*	0,994	5,33E-03	2,85E-03	Log-normal*	0,602	7,27E-03	3,87E-03
345 - 349	Log-normal*	0,879	4,57E-03	1,41E-03	Log-normal*	0,844	7,64E-03	3,52E-03
350 - 354	Log-normal*	0,995	4,32E-03	1,63E-03	Weibull*	0,721	2,35E+00	8,40E-03
355 - 359	Gama*	0,941	6,85E+00	1,68E+03	Log-normal*	0,876	6,55E-03	2,70E-03
360 - 364	Normal*	0,899	3,98E-03	1,63E-03	Log-normal*	0,854	6,22E-03	2,03E-03
365 - 369	Log-normal*	0,967	3,83E-03	1,48E-03	Weibull*	0,885	2,77E+00	6,68E-03
370 - 374	Log-normal*	0,987	4,12E-03	1,58E-03	Log-normal*	0,996	4,85E-03	1,44E-03
375 - 379	Gama*	0,976	1,07E+01	2,83E+03	Gama*	0,955	1,18E+01	2,35E+03

* Função densidade de probabilidade que melhor ajusta os dados em questão, mas outras funções também são possíveis.

Uma vez que existiu uma variedade de funções densidade de probabilidade que ajustava as faixas integradas, a função escolhida para representar a mesma foi aquela que apresentou um melhor ajuste no histograma de frequência, isto é, um maior valor no nível de significância para o teste K-S, conforme pode ser observado no exemplo destacado na Fig. 7, onde se tem a representação da faixa integrada horizontalmente que compreende as posições 340 e 344 pixels na vertical ao longo do tempo.

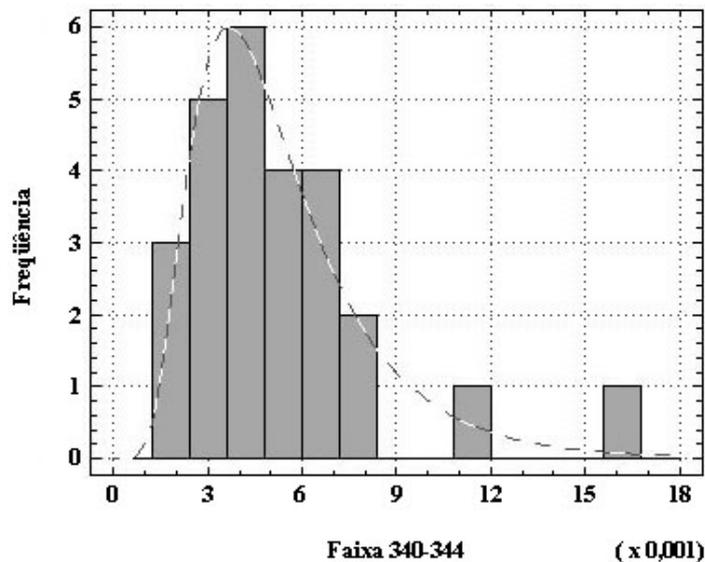


Figura 7 – Exemplo de ajuste de distribuição em um histograma de frequência.

4. CONCLUSÕES

Os resultados experimentais mostraram que a avaliação das coordenadas do centro de massa pode ser um indicativo para o comportamento da pluma ao longo do tempo e que a tendência de migração da pluma na horizontal não pode ser inferida como preferencial para um sentido, pois os efeitos de turbulência randomizam tal fator. Para as funções densidade de probabilidade, que ajustam as faixas integradas horizontalmente ao longo do tempo, foi observado que, embora apresentem preferencialmente duas distribuições: Log-normal e Weibull, um conjunto de cinco distribuições alternavam-se entre as faixas e para as diferentes séries. Isto mostra que não existe só uma distribuição para toda a região de evolução, mas um conjunto das mesmas.

REFERÊNCIAS

- Deardorff, J. W., 1979, Prediction of convective mixed-layer entrainment for realistic capping inversion structure, *Journal of the Atmospheric Sciences*, vol. 36, pp.424-436.
- Deardorff, J. W. and Willis, G. E., 1985, Further results from a laboratory model of the convective planetary boundary layer, *Boundary Layer Meteorology*, vol. 32, pp.205-236.
- Holtslag, A. A. M. and Moeng, C., 1991, Eddy diffusivity and countergradient transport in the convective atmospheric boundary layer, *Journal of the Atmospheric Sciences*, vol. 48, pp.1690-1698.
- Piper, M., 1994, Top-down, bottom-up diffusion experiments in a water convection tank, M.S. thesis, Department of Meteorology, The Pennsylvania State University, Pennsylvania, United States.

- Queiroz, D. G. B. S. e Queiroz, R. S., 1998, Análise estatística de campos de concentração de um contaminante inerte em um ambiente instável, Anais do VII Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciências Térmicas, Novembro 03-06, Rio de Janeiro, vol. 2, pp. 689-694.
- Queiroz, R. S. e Loureiro, B. V., 1997, Avaliação experimental da dispersão de contaminantes em ambientes com alta instabilidade, Anais do XIV Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica, Dezembro 08-12, São Paulo.
- Queiroz, R. S. e Loureiro, B. V., 1998, Gradientes de concentrações e intermitências na interface entre regiões de mistura e regiões estáveis, Anais do VII Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciências Térmicas, Novembro 03-06, Rio de Janeiro, vol. 2, pp. 684-688.
- Willis, G. E. and Deardorff, J. W., 1974, A laboratory model of the unstable planetary boundary layer, Journal of the Atmospheric Sciences, vol. 31, pp.1297-1307.
- Willis, G. E. and Deardorff, J. W., 1978, A laboratory study of dispersion from an elevated source within a modeled convective planetary boundary layer, Atmospheric Environment, vol. 12, pp.1305-1311.
- Willis, G. E. and Deardorff, J. W., 1981, A laboratory study of dispersion from a source in the middle of the convectively mixed layer, Atmospheric Environment, vol. 15, pp.109-117.
- Willis, G. E. and Deardorff, J. W., 1987, Buoyant plume dispersion and inversion entrapment in and above a laboratory mixed-layer, Atmospheric Environment, vol. 21, n. 8, pp.1725-1735.
- Wyngaard, J. C. and Brost, R. A., 1984, Top-down and bottom-up diffusion of a scalar in the convective boundary layer, Journal of the Atmospheric Sciences, vol. 41, n. 1, pp.102-112.

EFFECTS OF TURBULENT HEAT FLUX IN THE TRAJECTORY OF A INERT CONTAMINANT IN PURE CONVECTIVE ENVIRONMENT

Abstract. *A pure convective environment is generated in a tank filled with eight hundred liters of water, by exchanging heat in its bottom surface with condensed steam. The temperature stratification through the water form a stable region, and a mixed-layer where 10 ml of inert contaminant are released (rhodamine 6G at 800 ppb). An open argon ion laser beam (4 W at 514 nm) is made to reach the region of contaminant evolution, generating light emissions from the rhodamine plume, due to its fluorescence (above 550 nm of wave length). By using a CCD camera and a longpass optic filter, images are taken at 1 Hz and are analyzed, leading to the description of the plume center of mass as a function of time. It is also obtained the density probability functions that better describe the vertical concentration of bands integrated horizontally through time considering two cases of different vertical heat fluxes.*

Key-words: *Convection, Turbulence, Induced fluorescence*